



TUGAS AKHIR – MO 141326

**OPTIMASI DESAIN *TIE-BRACES* STRUKTUR *BREASTING DOLPHIN*
PADA TERMINAL *OIL/CONDENSATE* SELAT BERHALA (STUDI
KASUS : PENGUATAN STRUKTUR *BREASTING DOLPHIN* PADA
PETROCHINA MARINE TERMINAL)**

**DYAH AYU PUSPITORINI
NRP. 4312 100 009**

Dosen Pembimbing:

Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, ST., MT.

Prof. Ir. Daniel Mohammad Rosyid, Ph.D

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
Fakultas Tekonolgi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT – MO 141326

**TIE-BRACES DESIGN OPTIMIZATION OF BREASTING DOLPHIN
STRUCTURE AT OIL/CONDENSATE TERMINAL IN BERHALA
STRAITS (CASE STUDY: STRUCURAL STRENGTHENING OF
BREASTING DOLPHIN IN PETROCHINA MARINE TERMINAL)**

DYAH AYU PUSPITORINI

NRP. 4312 100 009

Supervisors :

Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, ST., MT.

Prof. Ir. Daniel Mohammad Rosyid, Ph.D

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2017

**OPTIMASI DESAIN *TIE-BRACES* STRUKTUR *BREASTING DOLPHIN*
PADA TERMINAL *OIL/CONDENSATE* SELAT BERHALA
(STUDI KASUS : PENGUATAN STRUKTUR *BREASTING DOLPHIN*
PADA *PETROCHINA MARINE TERMINAL*)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Dyah Ayu Puspitorini

4312 100 009

Disetujui oleh :

1. Dr. Eng Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T. (Pembimbing 1)
2. Prof. Ir. Daniel Mohammad Rosyid, Ph.D. (Pembimbing 2)
3. Murdjito, M.Sc.Eng. (Penguji 1)
4. Prof. Ir. Eko Budi Dirmiko, M.Sc., Ph.D. (Penguji 2)
5. Ir. Joswan Jusuf Soedjono, M.Sc. (Penguji 3)
6. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. (Penguji 4)
7. Wimala Lalitya Dhanistha, S.T., M.T. (Penguji 5)

Surabaya, Januari 2017

**OPTIMASI DESAIN *TIE-BRACES* STRUKTUR *BREASTING DOLPHIN*
PADA TERMINAL *OIL/CONDENSATE* SELAT BERHALA
(STUDI KASUS : PENGUATAN STRUKTUR *BREASTING DOLPHIN*
PADA *PETROCHINA MARINE TERMINAL*)**

NamaMahasiswa : Dyah Ayu Puspitorini
NRP : 4312 100 009
Departemen : Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, ST., MT.
Prof. Ir. Daniel Mohammad Rosyid, Ph.D

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang optimasi desain penguatan struktur *breasting dolphin* dengan penambahan struktur *tie-braces*. Struktur *breasting dolphin* ini merupakan struktur *dolphin* milik PetroChina yang pertama kali diinstal di Selat Berhala, lepas pantai Jambi. Struktur ini mengalami kegagalan karena adanya peningkatan beban pada aktifitas ekspor kapal tanker. Penguatan struktur ini sudah dilakukan pada tahun 2014, namun hasilnya tidak optimal (*overdesign*). Maka dilakukan optimasi desain penguatan struktur *breasting dolphin* tersebut dengan mencari tipe bentuk (konfigurasi), diameter luar dan tebal dinding yang optimal. Optimasi ini dilakukan untuk mengetahui berat struktur paling minimum. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah diameter luar dan tebal dinding dengan constraints-nya adalah *joint deflection check*, *member stress check* dan *joint punching shear stress check*.

Analisis yang dilakukan adalah analisis *inplace* dari beberapa struktur *breasting dolphin* dengan dimensi *tie-braces* yang bervariasi. Penentuan dimensi awal *tie-braces* (diameter luar dan tebal dinding) dilakukan dengan menggunakan parameter desain sesuai dengan kode standar API RP 2A WSD. Selanjutnya dilakukan optimasi pada data hasil analisis *inplace* untuk mengetahui diameter luar dan tebal dinding yang paling optimum pada *tie-braces*. Setelah analisis optimasi dilakukan didapatkan berat struktur optimum menjadi 2558 kN dari sebelumnya yaitu 2586 kN

Kata kunci : *breasting dolphin*, *tie-braces*, optimasi, variabel bebas, *constraint*

**TIE-BRACES DESIGN OPTIMIZATION OF BREASTING DOLPHIN
STRUCTURE AT OIL/CONDENSATE TERMINAL IN BERHALA
STRAIT (CASE STUDY: STRUCURAL STRENGTHENING OF
BREASTING DOLPHIN AT PETROCHINA MARINE TERMINAL)**

Name : Dyah Ayu Puspitorini
NRP : 4312 100 009
Department : Ocean Engineering
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Supervisors : Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, ST., MT.
Prof. Ir. Daniel Mohammad Rosyid, Ph.D

ABSTRACT

This study discusses about optimization design of breasting dolphin's structural strengthening with additional tie-braces. Breasting dolphin structures were first installed at Petrochina Marine Terminal, in Berhala Straits, offshore Jambi. This structures have failed because of the increased load on the export activity of the tanker. The strengthening project of this structure has been carried out in 2014, but the results are overdesign (not optimal). So, this final project will carry out the optimization design of breasting dolphin structure by looking for the optimum configuration, outside diameter, and wall thickness. The objective function in this final project is to determine the minimum weight of the structure. The independent variables in this study is the outside diameter and wall thickness. The constraints is joint deflection check, member stress check (UC), and joint punching shear stress check.

There are two type analysis in this final project. First, inplace analysis of several structures with the various tie-braces dimension. The calculation of the initial tie-braces dimension (outside diameter and wall thickness) was performed using parameters design according to API RP 2A WSD. And the second is optimization analysis of output data from inplace analysis to determine optimum outside diameter and wall thickness of tie-braces, also the weight of the structure. After optimization analysis conducted found optimum structural weight be 2558 kN from the previous 2586 kN.

Keywords : optimization, breasting dolphin, tie-braces, independent variabel, constraints

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh.

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan berkah dan rahmat-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Judul yang diambil pada Tugas Akhir ini adalah **“Optimasi Desain *Tie-braces* Struktur *Breasting Dolphin* pada Terminal Oil/Condensate Selat Berhala (Studi Kasus : Penguatan Struktur *Breasting Dolphin* pada *Petrochina Marine Terminal*”**.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tujuan akhir dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yaitu untuk mengetahui dimensi *tie-braces* dan berat struktur *breasting dolphin* optimum pada proyek penguatan struktur *Breasting Dolphin* pada *Petrochina Marine Terminal* di Selat Berhala.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu masukan dalam bentuk saran dan kritik dari semua pihak yang bersifat membangun sangat penulis harapkan sebagai penyempurnaan untuk penulisan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi perkembangan dalam bidang teknik kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarokatuh.

Surabaya, Januari 2017

Dyah Ayu Puspitorini

UCAPAN TERIMA KASIH

Banyak pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam pengerjakan Tugas Akhir ini baik itu secara moral maupun material sehingga Tugas Akhir ini dapat dikerjakan dan diselesaikan dengan lancar. Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan keberkahan dan kemudahan selama ini.
2. Ayah, Ibu, dan Kakak yang telah memberikan doa dan dukungan, serta kasih atas kasih sayang yang diberikan selama ini.
3. Bapak Rudi dan Bapak Daniel, kedua pembimbing penulis yang telah sabar membimbing hingga laporan ini selesai, terimakasih atas ilmu dan waktunya.
4. Bapak Rudi selaku dosen wali selama penulis menyelesaikan masa studi S1, terima kasih atas bimbingan, nasehat, motivasi, serta kesabarannya.
5. Bu Santi yang telah banyak membantu penulis dalam analisis dan memberikan saran-saran dalam Tugas Akhir ini.
6. Bella, Mbak Puput, dan Hanna sahabat penulis, terimakasih banyak telah banyak memberi motivasi dan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Dek Yusnia dan Fatih yang telah banyak membantu dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini.
8. Karyawan Tata Usaha Departemen Teknik Kelautan ITS atas bantuan administrasi yang telah diberikan kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman se-angkatan (Varuna), kakak-kakak senior dan adik-adik junior terima kasih atas bantuannya selama ini.
10. dan semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Terima kasih atas semua bantuannya, semoga Allah SWT memberikan balasan yang terbaik untuk semuanya.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
UCAPAN TERIMA KASIH	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat.....	5
1.5. Batasan Masalah.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	9
2.1. Tinjauan Pustaka.....	9
2.2. Dasar Teori.....	9
2.2.1 <i>Breasting dolphin</i>	9
2.2.2 Struktur Lepas Pantai Terpancang.....	11
2.2.3 <i>Braces</i>	13
2.2.4 Pembebanan Struktur Lepas Pantai Terpancang.....	17
2.2.5 Tegangan Izin Member Silinder.....	22
2.2.6 Tegangan Kombinasi untuk Member Silinder	24

2.2.7. <i>Finite Element Method</i>	27
2.2.8. Analisis <i>Inplace</i>	27
2.2.9. Optimasi.....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1. Metode Penelitian	35
3.2. Prosedur Penelitian	36
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Analisis Data	39
4.1.1. Data Struktur <i>Breasting dolphin</i>	39
4.1.2. Kriteria Desain.....	41
4.1.3. Data Kapasitas Tanker.....	44
4.2. Pemodelan Struktur <i>Breasting dolphin</i> dan Validasi	44
4.3. Penentuan Variabel Desain dan <i>Constraints</i>	47
4.4. Penentuan Tipe Bentuk <i>Braces</i>	48
4.5. Kalkulasi Dimensi Awal <i>Braces</i>	55
4.5.1. Diameter Luar <i>Braces</i>	55
4.5.2. Tebal Dinding <i>Braces</i>	57
4.6. Pemodelan Struktur dan Analisis <i>Inplace</i>	58
4.7. Penentuan Dimensi <i>Braces</i> yang Optimum.....	58
4.8. Analisis dan Pembahasan	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	69

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Data Gelombang	43
Tabel 4.2 Data Arus	43
Tabel 4.3 Hasil Validasi Analisis Statis dengan Data yang Ada	47
Tabel 4.4 Member K-braces dengan UC Tertinggi	49
Tabel 4.5 Member V-braces dengan UC Tertinggi	50
Tabel 4.6 Member N-braces dengan UC Tertinggi	52
Tabel 4.7 Member V dan X-braces dengan UC Tertinggi	53
Tabel 4.8 Member X-braces dengan UC Tertinggi	54
Tabel 4.9 Hasil Analisis <i>Inplace</i> Beberapa Struktur <i>Breasting dolphin</i> Dengan Diameter Luar <i>Braces</i> 27.31 cm	59
Tabel 4.10 Hasil Analisis <i>Inplace</i> Beberapa Struktur <i>Breasting dolphin</i> Dengan Diameter Luar <i>Braces</i> 32.39 cm	59
Tabel 4.11 Hasil Analisis <i>Inplace</i> Beberapa Struktur <i>Breasting dolphin</i> Dengan Diameter Luar <i>Braces</i> 35.56 cm	59
Tabel 4.12 Berat Struktur <i>Breasting dolphin</i>	62
Tabel 4.13 Perbandingan <i>Existing</i> BD dengan <i>Redesign</i> BD	64

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Terminal Oil/Condensate Petrochina dengan Struktur <i>Dolphin</i>	2
Gambar 1.2. Peta Lokasi <i>PetroChina Marine Terminal</i>	3
Gambar 1.3. Perbedaan Model Struktur <i>Breasting dolphin</i> Tanpa <i>Tie-braces</i> (kiri) dan Dengan <i>Tie-braces</i> (kanan)	4
Gambar 2.1. Struktur <i>Breasting dolphin</i> dengan <i>Fender</i> pada Terminal Oil/Condensate Selat Berhala.....	10
Gambar 2.2. <i>Schematic View of Rigid and Flexible Breasting Dolphin</i>	10
Gambar 2.3. Bentuk Umum Pola <i>Brace</i>	14
Gambar 2.4. Parameter Tubular Joint	15
Gambar 2.5. Beban – beban yang Bekerja pada Struktur Lepas Pantai.	18
Gambar 3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	35
Gambar 3.2. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir (lanjutan).....	36
Gambar 4.1. Diagonal <i>Tie-braces</i> Struktur <i>Breasting dolphin</i>	40
Gambar 4.2. Horizontal <i>tie-braces</i> struktur <i>breasting dolphin</i> pada El (+) 0.0 meter (kiri) dan El (-) 6.0 meter (kanan).....	40
Gambar 4.3. Detail <i>Clamp</i> pada Sambungan <i>Tie-Braces</i> dengan <i>Breasting dolphin</i> Elevasi (-) 6.0 meter	41
Gambar 4.4. Model Struktur <i>Existing Breasting dolphin</i>	45
Gambar 4.5. Model Diagonal <i>Tie-braces</i> Struktur <i>Breasting dolphin</i>	46
Gambar 4.6. Model <i>Horizontal tie-braces</i> struktur <i>breasting dolphin</i> pada El (+) 0.0 meter (kiri) dan El (-) 6.0 meter (kanan)	46
Gambar 4.7. <i>Maximum Combined UC</i> pada <i>Breasting dolphin</i> dengan K – <i>brace</i>	49

Gambar 4.8. <i>Maximum Combined UC pada Breasting dolphin</i> dengan K – brace Tampak Depan – Plan XZ (kiri) dan Tampak Samping – Plan YZ (kanan).....	50
Gambar 4.9. <i>Maximum Combined UC pada Breasting dolphin</i> dengan V – brace.....	50
Gambar 4.10. <i>Maximum Combined UC pada Breasting dolphin</i> dengan V – brace Tampak Depan – Plan XZ (kiri) dan Tampak Samping – Plan YZ (kanan).....	51
Gambar 4.11. <i>Maximum Combined UC pada Breasting dolphin</i> dengan N – brace Tampak Depan – Plan XZ (kiri) dan Tampak Samping – Plan YZ (kanan).....	51
Gambar 4.12. <i>Maximum Combined UC pada Breasting dolphin</i> dengan N – brace.....	52
Gambar 4.13. <i>Maximum Combined UC pada Breasting dolphin</i> dengan V dan X – brace Tampak Depan – Plan XZ (kiri) dan Tampak Samping – Plan YZ (kanan).....	52
Gambar 4.14. <i>Maximum Combined UC pada Breasting dolphin</i> dengan V dan X – brace	53
Gambar 4.15. <i>Maximum Combined UC pada Breasting dolphin</i> dengan V X – brace Tampak Depan – Plan XZ (kiri) dan Tampak Samping – Plan YZ (kanan).....	53
Gambar 4.16. <i>Maximum Combined UC pada Breasting dolphin</i> dengan X – brace.....	54
Gambar 4.17. <i>Redesign – Diagonal Tie-braces Struktur Breasting Dolphin</i>	55
Gambar 4.18. <i>Redesign - Horizontal Tie-braces Struktur Breasting Dolphin</i> pada El (+) 0.0 meter (kiri) dan El (-) 6.0 meter (kanan).....	55

Gambar 4.19	Ukuran Panjang <i>Brace</i> pada El (+) 0.0 meter.....	56
Gambar 4.20	Ukuran Panjang <i>Brace</i> Diagonal.....	56
Gambar 4.21	Grafik Optimasi pada <i>Deflection Check</i>	60
Gambar 4.22	Grafik Optimasi pada <i>Member Stress Check (UC)</i>	60
Gambar 4.23	Grafik Optimasi pada <i>Member Stress Check (UC)</i>	61

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	EXISTING <i>BREASTING DOLPHIN</i>
	A1. SACS MODEL
	A2. SACS INPUT
	A3. SACS MAXIMUM OUTPUT SUMMARY
LAMPIRAN B	REDESIGN <i>BREASTING DOLPHIN</i>
	B1. SACS MODEL
	B2. SACS INPUT
	B3. SACS MAXIMUM OUTPUT SUMMARY

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

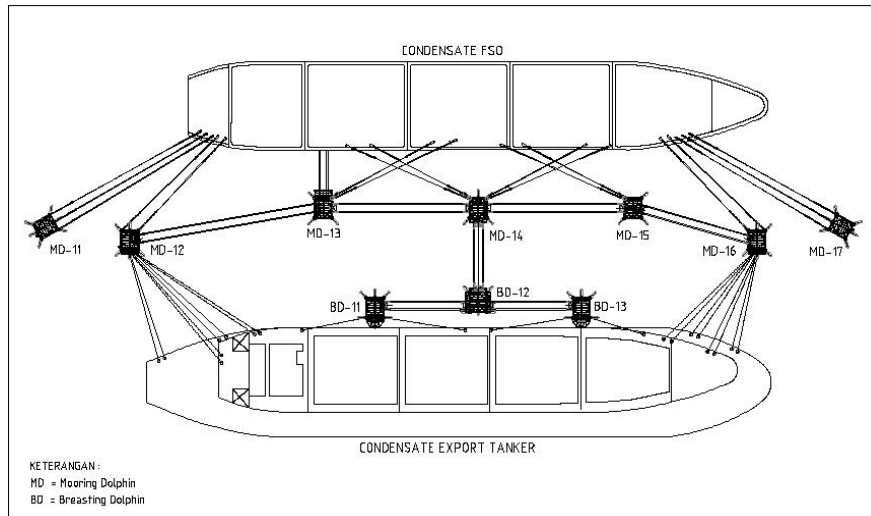
Aktivitas industri lepas pantai (*offshore*) pertama muncul di tahun 1947 dan banyak bergerak dibidang eksplorasi dan eksploitasi ladang minyak/gas bumi. Di tahun ini juga untuk pertama kalinya anjungan lepas pantai struktur baja terpancang dengan berat 1200 ton yang diinstalasikan di Teluk Meksiko pada kedalaman laut 20 feet (6 m).

Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak/gas bumi dibagi menjadi tiga tahapan yaitu tahap prakiraan (*appraisal*), tahap pengembangan (*development*), dan tahap produksi (*production*). Pada tahap produksi, minyak/gas akan dibagi lagi menjadi beberapa tahapan. Sebagai tahapan pertama, minyak/gas bumi dari sumur-sumur produksi akan dialirkan ke sistem rangkaian pipa (*riser*) menuju ke anjungan pengepul awal (*wellhead platform*), di *wellhead platform* tersebut akan dilakukan proses awal pemisahan minyak/gas dari air dan pasir pada *wellhead separator*. Selanjutnya minyak/gas tersebut diproses lebih lanjut di anjungan produksi (*production platform*) dan dari anjungan produksi minyak/gas akan dikirim ketempat pengolahan (*refinery*) di darat melalui pipa (*pipe line*) atau dengan kapal tanker.

Untuk transportasi dengan kapal tanker umumnya akan membutuhkan tempat untuk melaksanakan *loading* dan *unloading* minyak yang disebut terminal. Terminal ini menggunakan struktur *dolphin* sebagai tempat untuk menambat kapal tanker berukuran besar yang biasanya digunakan bersama-sama dengan *pier* atau *wharf* untuk memperpendek panjang bangunan tersebut.

Struktur *dolphin* merupakan struktur lepas pantai terpancang yang dibangun untuk menahan gaya horizontal yang ditimbulkan oleh benturan kapal, tarikan dan dorongan kapal akibat angin, arus dan gelombang laut. *Dolphin* dibedakan menjadi dua macam yaitu *dolphin* penahan (*breasting dolphin*) dan *dolphin* penambat (*mooring dolphin*). *Breasting dolphin* memiliki *fender* yang berfungsi untuk menahan benturan kapal ketika berlabuh, sedangkan *mooring dolphin*

memiliki tali penambat (*mooring line*) yang berfungsi untuk menahan tarikan kapal sehingga tetap berada pada posisi sandar.



Gambar 1.1 Terminal *Oil/Condensate* Petrochina dengan Struktur *Dolphin* (PT ZEE Indonesia, 2015)

Dalam pembangunan struktur lepas pantai, tahap awal (desain) merupakan sebuah proses pengambilan keputusan dan merupakan tugas insinyur yang paling penting karena merupakan penentu keberhasilan struktur tersebut untuk melakukan fungsinya. Tahap ini menentukan bentuk (konfigurasi), ukuran/dimensi, dan tipe material struktur sehingga pada tahap ini memberikan peluang penghematan terbesar dibanding tahap selanjutnya seperti fabrikasi.

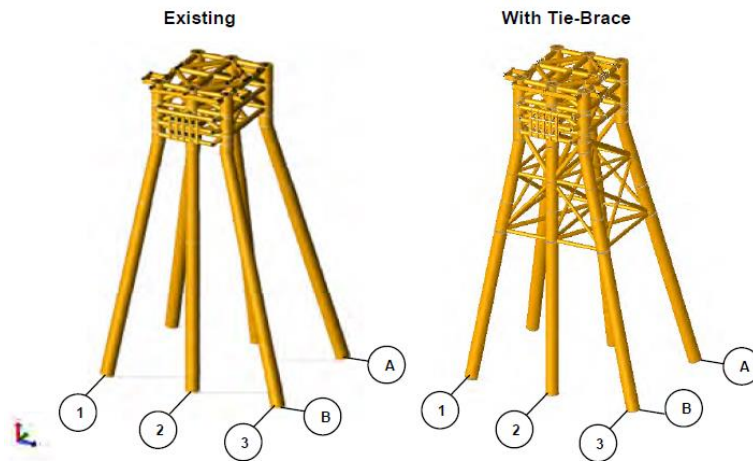
Terminal LPG dan *Oil/Condensate* di Selat Berhala, lepas pantai Jambi merupakan terminal yang memfasilitasi kegiatan *off/on-loading* minyak pada Proyek Petrochina Betara Development. Terminal ini pertama kali diinstal pada tahun 2004 dan mampu untuk melakukan bongkar dan muat minyak mentah dan kondensat secara bersamaan. Terminal ini terdiri dari 7 *mooring dolphins* (MD 11, MD 12, MD 13, MD 14, MD 15, MD 16, dan MD 16) dan 3 *breasting dolphins* (BD 11, BD 12, dan BD 13) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.2 Peta Lokasi *Petrochina Marine Terminal* (Google Earth, 2016)

Selama bertahun-tahun produksi dari terminal *oil/condensate* secara bertahap meningkat sejalan dengan target produksi nasional. Muatan dari kapal juga secara bertahap meningkat dan hal ini dapat mengakibatkan kegagalan pada struktur *breasting dolphin*. Oleh karena itu dilakukan analisis secara menyeluruh terhadap *breasting dolphin* yang sudah ada berkaitan dengan peningkatan beban yang diterima akibat aktifitas ekspor kapal tanker.

Dari analisis (*inplace*) yang sudah dilakukan terhadap struktur *breasting dolphin*, didapatkan hasil bahwa beberapa pile diatas *mudline* memiliki UC lebih dari batas yang diijinkan sehingga tidak memenuhi persyaratan kode standar. Maka untuk mengatasi permasalahan tersebut, Petrochina International Jabung Ltd, selaku pemilik struktur melakukan proyek penguatan struktur *breasting dolphin* karena struktur *dolphin* akan mengalami kegagalan (runtuh) jika terus beroperasi. Desain penguatan struktur *breasting dolphin* dilakukan dengan penambahan *tie-braces* pada struktur kaki *jacket*-nya.



Gambar 1.3 Perbedaan Model Struktur *Breasting Dolphin* tanpa *Tie-braces* (kiri) dan dengan *Tie-braces* (kanan) (PT Encona Inti Industri, 2014)

Setelah dilakukan analisis pada struktur *breasting dolphin* dengan penguatan (*tie-braces*), didapatkan bahwa struktur memiliki UC *member stress* jauh dibawah batas yang diijinkan (maksimum UC *member stress* yang terjadi adalah 0.46 pada kondisi operasi), yang berarti struktur tersebut aman untuk dioperasikan. Namun, seperti yang sudah dijelaskan diatas bahwa dalam tahap pendesainan struktur, optimasi perlu dilakukan karena sangat berpeluang untuk dapat menggunakan biaya yang efektif pada tahapan selanjutnya. Oleh karena itu, penulis akan melakukan analisis optimasi terhadap desain penguatan *breasting dolphin* pada terminal *oil/condensate* Selat Berhala.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir tentang optimasi desain *tie-braces* struktur *breasting dolphin* pada terminal *oil/condensate* Selat Berhala ini adalah :

1. Berapakah diameter luar dan ketebalan *tie-braces* yang optimal untuk penguatan struktur *breasting dolphin* pada terminal *oil/condensate* Selat Berhala?
2. Berapakah berat struktur optimum setelah adanya optimasi penguatan pada struktur *breasting dolphin*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang dicapai dalam tugas akhir tentang optimasi desain *tie-braces* struktur *breasting dolphin* pada terminal *oil/condensate* Selat Berhala ini adalah :

1. Untuk mengetahui diameter luar dan ketebalan *tie-braces* yang optimal untuk penguatan struktur *breasting dolphin* pada terminal *oil/condensate* Selat Berhala
2. Untuk mengetahui berat struktur setelah adanya optimasi pada penguatan struktur *breasting dolphin*

1.4 Manfaat

Dengan adanya penelitian ini diharapkan para mahasiswa dan insinyur terutama yang memiliki tanggung jawab untuk membuat FEED (*Front End Engineering Design*) dalam pembangunan struktur dan juga *owner* dapat memahami pentingnya optimasi dalam tahap awal (desain) karena tahap ini memiliki peluang terbesar untuk penghematan biaya pada pembangunan struktur.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memudahkan perhitungan, maka masalah akan dibatasi dengan beberapa hal sebagai berikut :

1. Analisis ini menggunakan struktur *breasting dolphin* pada terminal *Oil/Condensate Petrochina* di selat Berhala, Jambi.
2. Struktur *breasting dolphin* yang dianalisis adalah struktur BD 11.
3. Desain penguatan struktur dilakukan engan menyamakan semua ukuran *tie-braces* (horisontal, vertikal, dan diagonal *braces*).
4. Desain penguatan struktur menggunakan elevasi yang sama seperti desain penguatan sebelumnya.
5. Analisis yang dilakukan adalah analisis *inplace* struktur *breasting dolphin* dengan kondisi operasi 5 tahun .
6. Energi dan reaksi *fender* pada *breasting dolphin* tidak diperhitungkan.
7. Analisis struktur dilakukan menggunakan program SACS 5.6.

8. Beban lingkungan yang bekerja dalam analisis adalah beban arus dan beban gelombang.
9. Semua data yang berhubungan dengan struktur yang digunakan dalam analisis adalah data sekunder.
10. *Code* yang digunakan :
 - a. API RP 2A WSD, 2010 – *Recommended Practice for Planning, Design, and Constructing Fixed Offshore Platform*.
 - b. AISC 9th WSD – *Manual for Steel Construction*.
 - c. API 5L 43th Edition, 2004 – *Specification for Line Pipe*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang permasalahan pada tugas akhir, perumusan masalah, tujuan yang akan dicapai, manfaat yang diperoleh dan batasan (ruang lingkup) penelitian untuk mempermudah proses pengerjaan dan penyelesaian masalah dalam tugas akhir ini;

2. Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis berpedoman pada laporan proyek penguatan struktur *breasting dolphin* pada terminal *oil/condensate* Petrochina di Selat Berhala, juga penelitian, jurnal, buku-buku, dan *codes* tentang struktur bangunan lepas pantai, serta bahan-bahan lain yang mendukung penelitian ini;

3. Metodologi Penelitian

Pada bab ini menjelaskan tentang metode pengerjaan dalam tugas akhir yang akan dilakukan beserta prosedur yang digunakan;

4. Analisis Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini, penulis membahas mengenai pengolahan data struktur dan melakukan analisis pemilihan tipe dan dimensi *braces* yang paling sesuai. Selanjutnya dari tipe dan dimensi yang terpilih akan dimodelkan beberapa struktur dengan menggunakan *software* SACS 5.6 untuk dilakukan analisis

inplace. Dari hasil analisis *inplace* tersebut kemudian dilakukan analisis optimasi untuk mengetahui dimensi *tie-braces* yang paling optimum pada penguatan struktur *breasting dolphin* selat Berhala.

5. Penutup

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil dan pembahasan dari analisis-analisis yang telah dilakukan sesuai dengan perumusan masalah yang telah ditentukan sebelumnya. Penulis juga memberikan beberapa saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penyempurnaan dari hasil analisis yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Analisis pada Tugas akhir ini merujuk pada penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, yaitu oleh Azmi (2016) yang melakukan analisis resiko keruntuhan struktur *breasting dolphin* akibat penambahan DWT kapal tanker. Pada penelitian ini hanya menghitung analisis *pushover* struktur *breasting dolphin* tanpa adanya analisis optimasi terhadap desain penguatan struktur *breasting dolphin* dengan penambahan *tie-brace*.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 *Breasting dolphin*

Dolphin adalah konstruksi yang digunakan untuk menahan benturan dan menambatkan kapal. *Jetty* menjorok ke laut yang digunakan untuk bertambat kapal tanker atau tongkang pengangkut batu bara dilengkapi dengan *dolphin* yang berfungsi menahan benturan kapal, sehingga kapal tidak membentur *jetty*. Setelah bersandar, kapal atau tongkang tersebut diikatkan pada *dolphin*. *Dolphin* ini banyak digunakan pada pelayanan bongkar muat barang curah. *Dolphin* direncanakan untuk bisa menahan gaya horizontal yang ditimbulkan oleh benturan kapal, tiupan angin dan dorongan arus yang mengenai badan kapal pada waktu ditambatkan (Triatmojo, 2009).

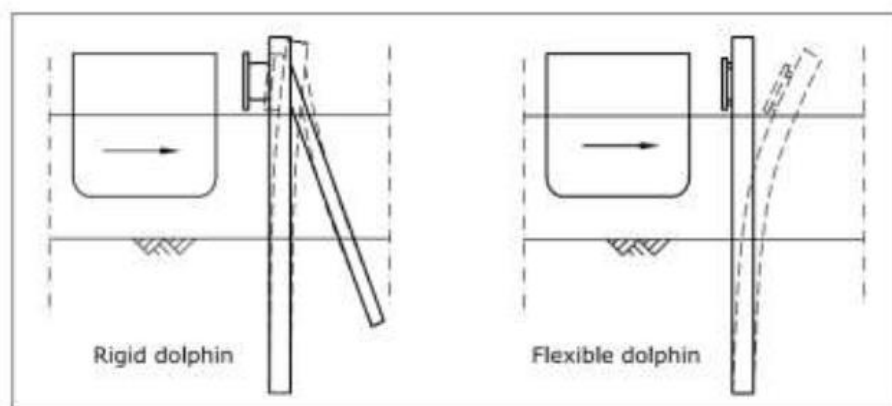
Dolphin dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu *dolphin* penahan (*breasting dolphin*) dan *dolphin* penambat (*mooring dolphin*). *Dolphin* penahan mempunyai ukuran lebih besar, karena dia direncanakan untuk menahan benturan kapal ketika berlabuh dan menahan tarikan kapal karena pengaruh tiupan angin, arus dan gelombang. Alat penambat ini dilengkapi dengan *fender* untuk menahan benturan kapal, dan *bolder* untuk menempatkan tali kapal, guna menggerakkan kapal di sepanjang dermaga dan menahan tarikan kapal (Triatmojo, 2009).



Gambar 2.1 Struktur *Breasting Dolphin* dengan *Fender* pada Terminal Oil/Condensate Selat Berhala (PT ZEE Indonesia, 2015)

Breasting dolphin untuk berlabuh kapal-kapal besar yang terbuat dari pipa baja yang dipancang ke lapisan tanah. Menurut Bruijn (2004) terdapat dua jenis utama dari *breasting dolphin* yang dibedakan berdasarkan reaksi terhadap dampak beban, yaitu :

- *Rigid dolphin* dengan *fender*: energi akibat tumbukan kapal diredam oleh *fender*, *dolphin* ini dirancang dengan kekakuan tinggi, dan terdiri dari sekelompok *piles*.
- *Flexible dolphin*: energi akibat tumbukan kapal diredam oleh defleksi *pile*, sering kali *fender* ditambahkan untuk meningkatkan kapasitas penyerapan energi.



Gambar 2.2 *Schematic View of Rigid and Flexible Breasting Dolphin* (Bruijn, 2004)

Besar beban harus diperhitungkan dalam perancangan struktur *breasting dolphin* agar terhindar dari bahaya keruntuhan, kerusakan ataupun penentuan dimensi konstruksi yang berlebihan. Beban ini dibagi menjadi dua kategori yaitu muatan horisontal atau lateral akibat beban lingkungan (angin, arus, dan gelombang) serta beban kapal ketika bersandar dan vertikal atau aksial akibat berat konstruksi struktur itu sendiri (Tifani, 2013).

2.2.2 Struktur Lepas Pantai Terpancang

Secara garis besar, tiga komponen utama dari struktur lepas pantai terpancang adalah :

- *Deck*

Komponen ini berfungsi untuk menyokong peralatan, pengeboran, dan kegiatan yang dikerjakan diatas air.

- *Kaki Jacket*

Komponen ini berfungsi untuk meneruskan beban baik beban vertikal dari *deck* maupun lateral dari angin, arus, gelombang, dan *boat impact* ke pondasi.

- *Pondasi*

Pondasi atau tiang pancang berfungsi untuk meneruskan beban dari kaki *jacket* ke tanah.

Selain itu juga ada subkomponen dari masing-masing komponen utama dari struktur lepas pantai terpancang, yaitu:

- Subkomponen dari struktur geladak (*deck*) antara lain: *skid beam*, plat geladak, kaki geladak, *deck trusses*, dll.
- Subkomponen dari kaki *jacket* antara lain: *horizontal* dan *vertical braces*, *boat landing*, *barge bumper*, dll.

Beberapa sistem *jacket* yang ada di dunia, mempunyai perbedaan utama mengenai jumlah kaki, konfigurasi sistem *braces* serta fungsinya. Jumlah kaki pada setiap *jacket* bervariasi dari satu hingga delapan kaki

dengan membentuk konfigurasi tertentu. Demikian juga dengan sistem konfigurasi *braces*-nya dari yang sederhana sampai yang kompleks (McClelland, 1986).

Dalam perancangan struktur lepas pantai terpancang (*jacket*), pemodelan strukturnya dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu pemodelan global atau *stick model* dan pemodelan struktur lokal atau *detailed model* (Nugraha, 2009).

Stick model merupakan pemodelan struktur dengan pendekatan *lumped mass method* dengan menyederhanakan struktur dalam bentuk struktur global untuk menangkap respon struktur berupa gaya tumpuan dan perpindahan, sehingga pemodelan ini dapat dilakukan dengan cepat tanpa menuntut tersedianya fasilitas komputer yang cukup canggih (Nugraha, 2009).

Sedangkan *detailed model* menggunakan pendekatan *finite element method* yang merupakan suatu metode pemodelan dan analisa struktur yang lebih detail dan kompleks. Model dari *jacket* digambarkan dalam 3 dimensi yang terdiri dari *chord* dan *brace*. Metode ini menjadikan bentuk fisik model struktur sebagai suatu sistem linier yang berkesinambungan dengan jalan membagi bentuk fisik struktur menjadi kelompok elemen yang lebih kecil. Elemen-elemen ini dihubungkan dengan simpul-simpul (*nodes*) sehingga menjadi suatu *sistem* yang kontinyu (Nugraha, 2009).

2.2.3 Braces

Merupakan bagian dari kaki *jacket* yang menghubungkan kaki utama satu dengan lainnya, memiliki fungsi sebagai pengaku serta penyalur beban menuju beberapa kaki dengan tujuan beban tersebar dan ditopang oleh struktur utama, kebanyakan *braces* yang digunakan adalah jenis *tubular*. Jenis seperti ini dipilih karena memiliki bentuk simetris yang dapat menghasilkan kekakuan merata, beban yang diterima oleh *braces* merupakan kombinasi dari beban tekan, tarik, tekuk atau geser.

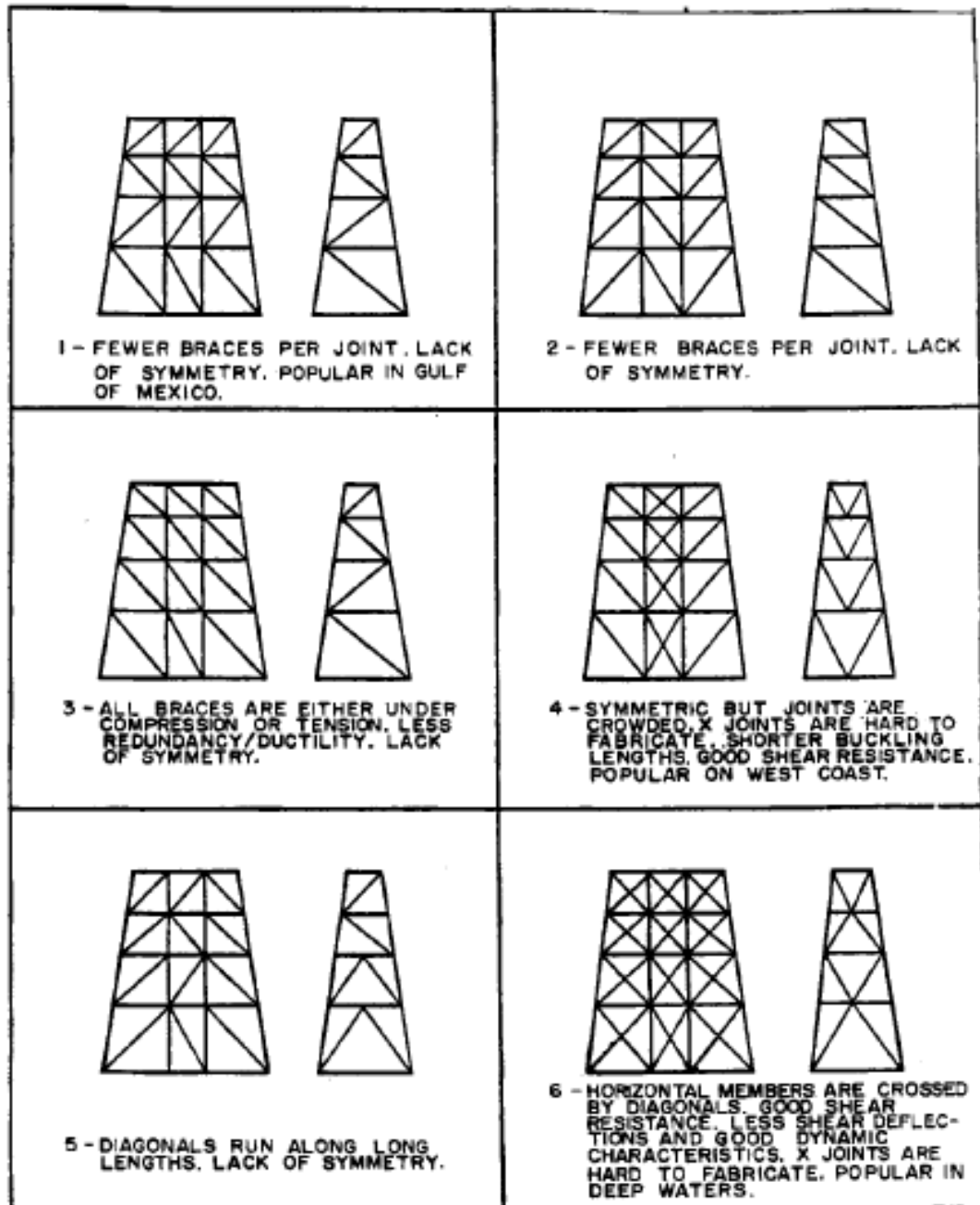
2.2.3.1. Tipe-tipe Bentuk *Braces*

Braces yang berbentuk vertikal, horisontal, dan diagonal bersama kaki *jacket* membentuk suatu sistem kekakuan tersendiri. Sistem kekakuan ini menyalurkan beban dan gaya dari *platform* ke pondasinya.

Tipe-tipe bentuk *braces* (Chakrabarti, 2005):

- a. Tipe 1. Bentuk K – *brace*
 - 1) Tipe ini mempunyai titik pertemuan batang (*joint*) yang lebih sedikit.
 - 2) Tidak simetris dan tidak mempunyai sistem redundansi.
 - 3) Biasanya dipakai pada lokasi yang tidak membutuhkan kekakuan tinggi dan tidak ada gaya seismik.
- b. Tipe 2 dan 5. Bentuk pola V – *brace*
 - 1) Jumlah *joint* pada tipe ini sedikit dan tidak mempunyai sistem redundansi.
 - 2) Tidak mempunyai sistem transfer beban yang baik dari satu level ke level yang lain.
- c. Tipe 3. Bentuk pola N – *brace*
 - 1) Tidak mempunyai sistem redundansi.
 - 2) Kegagalan *buckling* pada salah satu batang tekan dapat menyebabkan kegagalan pada batang lain (*struktur collapse*).
- d. Tipe 4. Bentuk pola V dan X – *brace*
 - 1) Digunakan pada lokasi yang tidak dalam.
 - 2) Mempunyai bentuk simetris, redundansi dan daktilitas cukup.
 - 3) Jumlah *joint* lebih banyak.
- e. Tipe 6. Bentuk pola semua X – *brace*
 - 1) Mempunyai kekakuan horisontal, daktilitas dan redundansi yang tinggi.

- 2) Jumlah *joint* lebih banyak sehingga butuh banyak pengelasan.
- 3) Banyak digunakan pada lokasi laut dalam dan daerah rawan gempa.



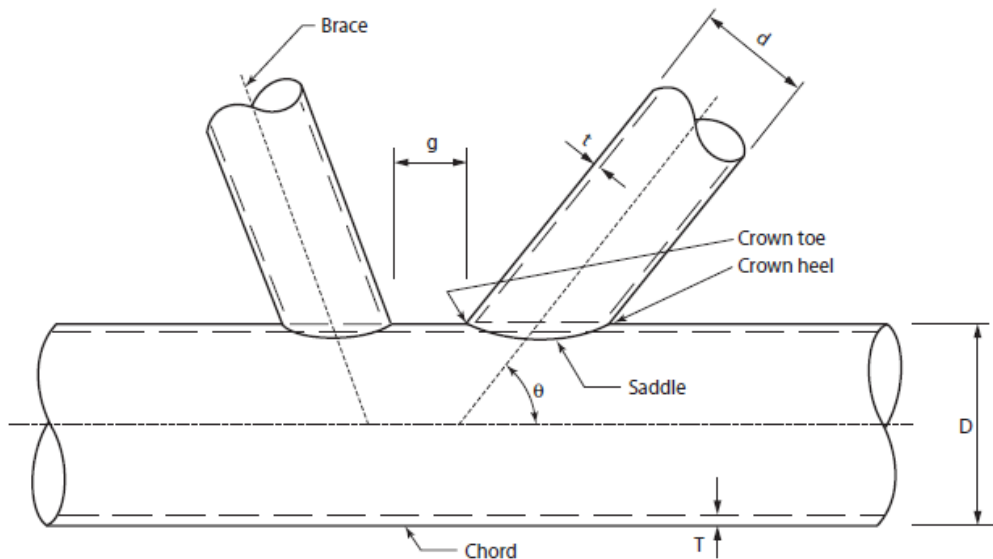
Gambar 2.3 Bentuk Umum Pola *Brace* (Cakrabarti, 2005)

2.2.3.2. Dimensi Braces

Struktur silinder dengan penampang lingkaran (*tubular member*) merupakan bagian dengan properti terbesar dari sebuah kaki struktur anjungan lepas pantai terpancang. Dimensi silinder dipilih dengan beberapa alasan sebagai berikut :

1. Kekuatan terhadap beban puntiran besar
2. Bentuknya simetris dan sederhana
3. Karakteristik *drag* dan inersia kecil
4. *Codes* perancangan untuk dimensi tubular sudah banyak tersedia

Akan tetapi penggunaan dimensi tubular ini akan melahirkan masalah pada bagian sambungannya (*tubular joint*) jika dalam perancangan tidak sesuai dengan parameter desain *tubular joint*. Dalam *codes* API RP-2A WSD *tubular joint* dapat diklasifikasikan menjadi tipe K, T, Y, dan X.



Gambar 2.4 Parameter *Tubular Joint* (API RP-2A WSD, 2010)

Parameter-parameter desain *tubular joint* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 diatas adalah sebagai berikut:

θ = sudut kemiringan antara *brace* terhadap *chord*

$$\beta = d/D \quad (0.2 - 1.0) \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\gamma = D/2T(10 - 50) \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\tau = t/T \quad (0.5 - 1.0) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

D = diameter luar *chord*

d = diameter luar *brace*

T = tebal dinding *chord*

t = tebal dinding *brace*

Gaya yang dominan bekerja pada *braces* berpenampang lingkaran adalah gaya aksial, yaitu gaya yang bekerja sejajar atau searah dengan sumbu *brace*. Terdapat juga gaya *in-plane bending*, yaitu momen yang bekerja searah sumbu *chord*, dan *out-of plane bending*, yaitu momen yang tegak lurus dengan sumbu *chord*.

Diameter *brace* ditentukan berdasarkan rasio kerampingan sebagai berikut:

$$60 < \frac{kL}{r} < 90 \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana:

k = koefisien panjang efektif

(k = 0.8 untuk K-*braces* dan *main diagonal brace*, k = 0.9 untuk X-*braces*, dan k = 0.7 untuk *secondary horizontal braces*)

L = panjang *brace*

r = radius girasi (r = 0.35 OD)

Rasio antara diameter dan ketebalan juga diperhitungkan dalam pemilihan ukuran diameter luar dan ketebalan:

$$\frac{D}{t} < 60 \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan:

D = diameter luar

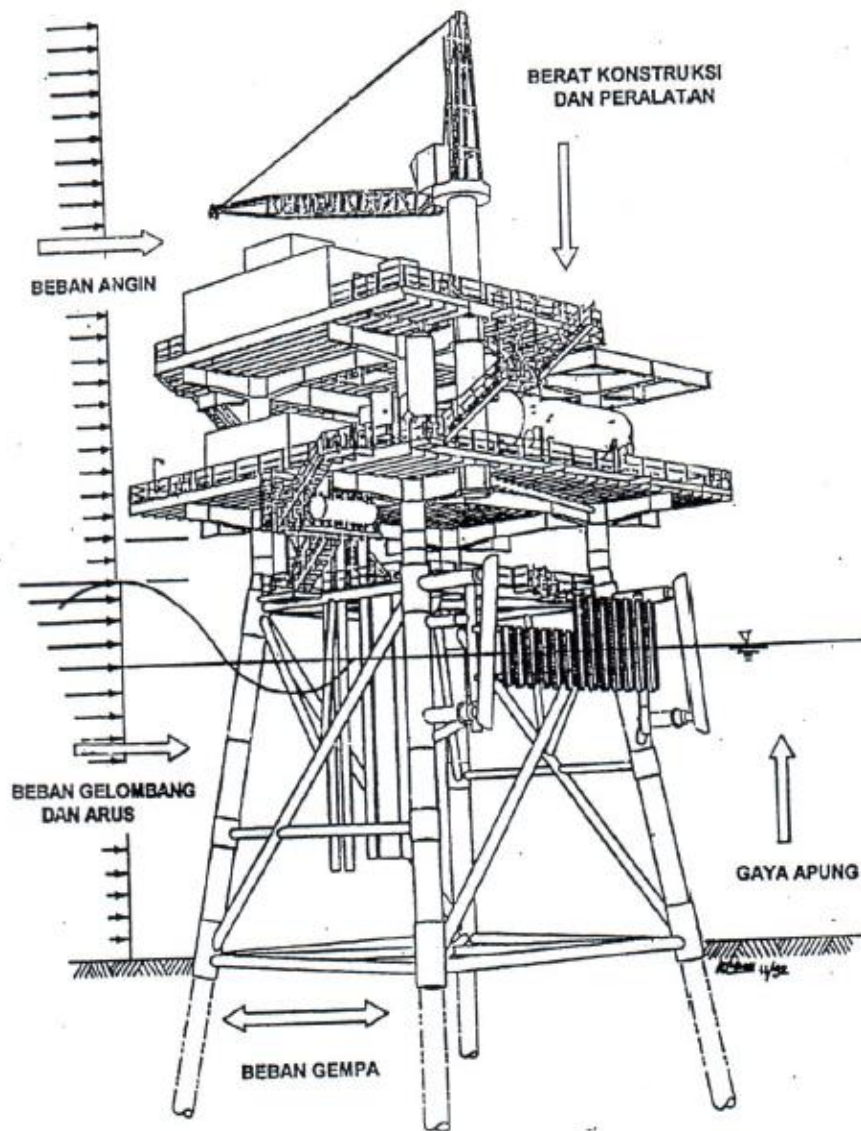
t = ketebalan dinding

Selain dua parameter rasio diatas, dalam pemilihan ukuran diameter luar dan ketebalan *braces* diperhitungkan juga parameter beta, β dan tau, τ antara *braces* dan *chord*.

2.2.4 Pembebanan Struktur Lepas Pantai

Respon Menurut API RP 2A WSD (2010) beban beban yang diterima oleh struktur lepas pantai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 dibawah adalah sebagai berikut:

- Beban mati, adalah berat dari struktur itu sendiri, semua perlengkapan permanen dan perlengkapan struktur yang tidak berubah selama beroperasinya struktur. Dalam hal ini, beban mati struktur *dolphin* meliputi:
 1. Berat dari struktur *dolphin* di udara.
 2. Berat perlengkapan dan peralatan struktur yang terpasang secara permanen pada *platform*.
 3. Gerakan akibat gaya hidrostatik pada struktur dibawah garis air termasuk tekanan luar dan *buoyancy*.



Gambar 2.5 Beban – beban yang Bekerja pada Struktur Lepas Pantai (Irfan, 2012)

- Beban Hidup, adalah beban yang mengenai struktur dan berubah selama operasi *platform* berlangsung. Beban hidup pada struktur *dolphin* ini adalah peralatan pada *dolphin* yang membebani pada saat beroperasi. Beban yang dapat berubah besar dan lokasinya selama operasi berlangsung diantaranya beban perlengkapan, berat suplai dan benda cair dalam kapal tanker.
- Beban Lingkungan, beban yang mengenai struktur akibat fenomena alam seperti angin, arus, gelombang, gempa bumi, salju, es dan pergerakan kerak bumi.

- Beban Konstruksi, yaitu beban–beban yang dihasilkan pada saat fabrikasi, *loadout*, transportasi dan instalasi.
- Beban Dinamis, yaitu beban yang terjadi akibat adanya gaya yang berulang-ulang seperti gelombang, angin, gempa bumi, getaran mesin, dan juga benturan kapal.

2.2.4.1. Beban Lingkungan

Braces yang berbentuk vertikal, horisontal, dan diagonal bersama kaki *jacket* membentuk suatu sistem kekakuan tersendiri. Sistem kekakuan ini menyalurkan beban dan gaya dari *platform* ke pondasinya. Penentuan beban lingkungan ditinjau dari kondisi meteorologi dan oseanografi di daerah pembangunan struktur. Selanjutnya data tersebut dirangkum dan dikumpulkan menjadi metocean data. Kumpulan data tersebut merupakan hasil pengukuran dan dikembangkan menggunakan *statically analyzed* untuk mendeskripsikan keadaan lingkungan kondisi normal dan ekstrim atau biasa disebut kondisi operasi dan badai.

a. Gelombang

Gelombang terjadi akibat gangguan fluida. Gangguan tersebut dapat berupa gangguan pada permukaan air seperti hembusan angin atau dapat juga berupa gangguan pada dasar laut seperti pergerakan tanah atau gempa bumi.

Untuk menghitung gaya gelombang dapat dilakukan dengan cara Persamaan Morison (Chakrabarti, 2005). Persamaan Morison mengasumsikan bahwa gaya gelombang merupakan gabungan dari komponen gaya inersia dan gaya seret (*drag force*) yang dijumlahkan secara linier. Koefisien kedua gaya tersebut diperoleh dari hasil eksperimen. Persamaan Morison tepat jika ditetapkan pada kasus struktur dengan gaya hambatan signifikan, yakni ketika pada struktur yang ukurannya (diameter = D) relatif kecil jika dibandingkan dengan panjang gelombang (λ). Bila D/λ kecil ($D/\lambda \leq 0.2$) maka pola aliran fluida tidak akan terganggu dan besarnya gaya dapat dihitung dengan persamaan

Morison (O'Brien dan Morison, 1952). Tapi bila D/λ besar ($D/\lambda > 0.2$) maka pola aliran akan terdifraksi sehingga harus digunakan teori difraksi.

Gaya *drag* adalah gaya yang dipengaruhi viskositas fluida, merupakan bagian yang berbanding lurus dengan kuadrat kecepatan relatif partikel air terhadap silinder. Salah satu penyebab utama karena adanya ulekan pada sisi bagian belakang silinder. Pada daerah ulekan, tekanan yang terjadi lebih rendah dari sisi bagian depan silinder, hal ini menyebabkan adanya beda tekanan antara sisi depan dan sisi belakang.

Gaya inersia terdiri dari 2 komponen, yaitu :

- *Hydrodynamic added mass* atau *virtual mass silinder* dalam gerakannya yaitu bagian air yang ikut terbawa gerakan silinder.
- *Inersia force* pada silinder yang tidak bergerak. Bagian ini timbul karena adanya percepatan partikel fluidanya.

Konsep gaya inersia adalah bahwa partikel air dalam gelombang membawa suatu intensitas momentum. Partikel air yang melewati silinder akan mengalami percepatan dan perlambatan. Hal ini terjadi jika ada kerja oleh gaya pada silinder untuk menaikkan momentum.

Untuk keperluan praktis, dapat diambil besar koefisien C_d dan C_m dari kode API-RP 2A untuk perancangan struktur lepas pantai sebagai berikut :

Permukaan <i>smooth</i>	$C_d = 0.65,$	$C_m = 1.60$
Permukaan <i>rough</i>	$C_d = 1.05,$	$C_m = 1.20$

b. Beban Arus

Arus dilaut biasanya terjadi akibat pasang surut dan gesekan angin pada permukaan laut. Arah kecepatan arus dianggap horizontal. Besarnya kecepatan arus bervariasi pada tiap kedalaman. Besar dan arah arus pasang surut dipermukaan biasanya diasumsikan sekitar 1% dari kecepatan angin pada ketinggian 30 ft diatas permukaan air.

Dalam kondisi badai, arus terjadi bersamaan dengan gerakan air akibat gelombang. Arah arus pasang surut bisa tidak sama dengan arah

rambat gelombang, tetapi *wind-drift current* biasanya diasumsikan searah dengan gerakan gelombang.

Arus yang terjadi bersamaan dengan gelombang akan mempengaruhi karakteristik gelombang. Besar pengaruh arus terhadap gelombang tergantung pada rasio kecepatan maksimum arus terhadap kecepatan gelombang. Tetapi, pengaruh arus bisa diabaikan untuk kondisi gelombang saat badai (*storm*). Sehingga untuk kebutuhan desain, dalam perhitungan gaya akibat arus dan gelombang yang bekerja pada struktur dilakukan dengan menambahkan kecepatan arus dengan kecepatan horisontal akibat gelombang. Metode ini sesuai dengan rekomendasi API.

2.2.4.2. Gaya Benturan Kapal

Saat merapat ke *breasting dolphin*, kapal masih memiliki kecepatan sehingga terjadi benturan antara kapal dan *breasting dolphin*.

$$E = \frac{1}{2} \times m \times V^2 \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana,

E = Energi kinetik (kN.m)

m = Massa kapal (ton)

V = Kecepatan kapal pada saat sandar (m/s)

Dalam perencanaan dianggap bahwa benturan maksimum terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam struktur dengan sudut 10° terhadap sisi depan struktur (*fender*). Gaya benturan yang terjadi secara horisontal dan dapat dihitung berdasarkan energi benturan. Besarnya energi benturan yang diberikan oleh kapal adalah :

$$Ed = \frac{1}{2} \times m \times V^2 \times C_e \times C_m \times C_s \times C_c \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana,

Ed = Energi yang terserap *fender* (kN.m)

m = Massa kapal (ton)

V = Kecepatan kapal pada saat sandar (m/s)

Ce = koefisien eksentrisitas

C_m = koefisien massa

C_s = koefisien kekerasan (diambil nilai 1)

C_c = Koefisien konfigurasi saat bersandar (diambil nilai 1)

Koefisien massa tergantung pada gerakan air disekeliling kapal, dapat dihitung dengan rumus:

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2} \times C_b \frac{d}{B} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$C_b = \frac{\Delta}{L_{pp} \times B \times d \times \gamma_o} \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

C_b = koefisien blok kapal

d = *draft* kapal (m)

B = lebar kapal (m)

L_{pp} = panjang garis air (m)

γ_o = berat jenis kapal laut (t/m^3)

2.2.5 Tegangan Izin *Member* Silinder

Tegangan izin yang terjadi pada *member* silinder menurut API RP 2A – *Working Stress Design* (WSD) adalah:

1. Tegangan Aksial

Tegangan aksial dirumuskan dengan:

$$F_b = 0.6 F_y \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

F_y = tegangan yield

2. *Axial Compression*

▪ Tekuk Global

Berdasarkan API RP 2A – WSD, untuk elemen dengan rasio D/t kurang dari atau sama dengan 60, tegangan tekan izin (F_a) harus dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_e^2}\right] F_y}{5/3 + \frac{3(Kl/r)}{8C_e} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_e^3}} \quad \text{untuk } Kl/r \geq C_e \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \text{ untuk } Kl/r \geq C_c \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:
$$C_c = \left[\frac{2\pi^2 E}{F_y} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

E = Modulus Elastisitas Young, ksi (MPa)

K = Faktor panjang efektif

l = panjang silinder, in (m)

r = radius girasi, in (m)

▪ Tekuk Lokal

Untuk elemen dengan rasio $60 < D/t \leq 300$ dan tebal silinder $t \geq 0.6$ cm (0.25 in) memiliki tegangan tekuk lokal elastis (F_{xe}) dan tegangan tekuk lokal in-elastis (F_{xc}) seperti pada persamaan berikut:

➤ Tegangan Tekuk Lokal Elastis

$$F_{xe} = 2 CE t/D \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

➤ Tegangan Tekuk Lokal In-elastis

$$F_{xc} = F_y [1.64 - 0.23 (D/t)^{1/4}] \leq F_{xe} \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

3. Bending

Allowable bending stress (F_b) dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$F_b = 0.75F_y \text{ untuk } \frac{D}{t} \leq \frac{1500}{F} \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

$$F_b = \left[0.84 - 1.74 \frac{F.D}{Et} \right] F_y, \text{ untuk } \frac{1500}{F_0} < \frac{D}{t} \leq \frac{3000}{F_0} \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

$$F_b = \left[0.72 - 0.58 \frac{F.D}{Et} \right] F_y, \text{ untuk } \frac{3000}{F_0} < \frac{D}{t} \leq 300 \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

4. Shear

➤ *Shear Beam*

Tegangan geser maksimum, f_r , untuk silinder adalah :

$$f_r = \frac{V}{0.5A} \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Untuk tegangan geser yang diizinkan:

$$F_v = 0.4F_y \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

➤ *Torsional Shear*

Tegangan geser maksimum torsional F_{vt} , untuk silinder yang terkena gaya torsi:

$$f_{vt} = \frac{M_t(D/t)}{I_p} \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

Tegangan geser torsional izin:

$$F_{vt} = 0.4F_y \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

2.2.6 Tegangan Kombinasi untuk Member Silinder

Hampir semua member tubular pada struktur terkena momen lentur dan tegangan aksial (tarik atau tekan) sekaligus. Gaya tekan aksial akan menambah momen lentur yang besarnya sama dengan gaya tekan aksial dikalikan dengan defleksi. Kombinasi beban tekan dan *bending* aksial dan kombinasi *tension* dan *bending* aksial diaplikasikan pada seluruh *member*, sedangkan tegangan aksial dan tekanan hidrostatik serta kompresi aksial merupakan aplikasi dari *local buckling*.

1. *Axial Compression and Bending*

Dalam mendesain suatu tubular yang dikenai kombinasi tekan dan lentur harus memenuhi persyaratan berikut

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m \sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_e}\right) F_b} \text{ dan } \frac{f_a}{0,6F_y} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1,0 \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

Apabila $\frac{f_a}{F_a} \leq 0,15$, maka persamaan yang digunakan untuk mengganti persamaan (2.23) diatas adalah :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1,0 \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

Persamaan tersebut mengasumsikan bahwa nilai yang sama dari C_m dan F_e sesuai untuk F_{bx} dan F_{by} . Jika nilai lain dapat diterapkan, maka persamaan (2.25) berikut yang digunakan untuk menggantikan persamaan (2.24) diatas.

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{\sqrt{\left[\frac{C_{mx} f_{bx}}{1 - \frac{f_a}{F'_{ex}}} \right]^2 + \left[\frac{C_{my} f_{by}}{1 - \frac{f_a}{F'_{ey}}} \right]^2}}{F_b} \leq 1,0 \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

dimana:

F_a = tegangan izin aksial

F_b = tegangan izin terhadap momen

f_a = tegangan yang terjadi akibat tegangan lentur

C_m = faktor reduksi/pembesaran momen yang berkaitan dengan kekakuan ujung

F_e = Euler buckling stress

2. Axial Tension and Bending

Tubular member yang dikenai kombinasi tarik aksial dan *bending*, berdasarkan API RP 2A – WSD harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1,0 \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

Komponen dari persamaan (2.26) diatas harus ditentukan berdasarkan kondisi tarik pada *tubular member*.

3. Axial Tension and Hydrostatic Pressure

Pada saat tegangan regangan elemen longitudinal dan keruntuhan terjadi bersamaan, persamaan interaksi berikut harus dipenuhi:

$$A^2 + B^2 + 2\sqrt{A}B \leq 1,0 \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

dimana:

$$A = \frac{f_a + f_b - (0,5 f_b)}{F_y} \times SF_x \quad \dots\dots\dots (2.28)$$

A harus dapat menunjukkan kombinasi regangan maksimum.

$$B = \frac{f_h}{F_{hc}} \times SF_h \quad \dots\dots\dots (2.29)$$

ν = rasio Poisson (0.3)

F_y = tegangan aksial,ksi (MPa)

f_a = nilai absolut untuk tegangan aksial, ksi (MPa)

f_b = nilai absolut yang diakibatkan oleh tegangan lentur, ksi (MPa)

f_a = tegangan yang terjadi akibat tegangan lentur

f_h = nilai absolut untuk tegangan tekan, ksi (MPa)

F_{hc} = tegangan *hoop* kritis

Untuk:

➤ Tekuk Elastis

F_{he} untuk $F_{he} \leq 0.55 F_y$

➤ Tekuk In-elastis

$F_{he} = 0.45 F_y + 0.18 F_{he}$ untuk $0.55 F_y < F_{he} \leq F_y$

$F_{he} = \frac{1,31F_y}{1,15 + (F_y / F_{he})}$ untuk $1.60 F_y < F_{he} \leq 6.20 F_y$

$F_{he} = F_y$ untuk $6.20 F_y < F_{he}$

SF_x = faktor keamanan untuk tarik aksial

SF_h = faktor keamanan untuk tekanan *hoop*

2.2.7 Finite Element Method

Finite Element Method (FEM) atau Metode Elemen Hingga adalah salah satu metode yang digunakan untuk menganalisa suatu konstruksi. Metode ini banyak digunakan pada konstruksi kapal maupun bangunan pantai dan lepas pantai (*offshore*). Cakupan bidang metode ini sangat luas, tidak terbatas pada konstruksi baja (*steel construction*) tapi juga pada fluida.

Analisis struktur dengan menggunakan FEM memungkinkan untuk mendapatkan penyebaran tegangan pada konstruksi yang dianalisis. Kegagalan suatu konstruksi bisa diketahui dengan menggunakan analisa ini dan dengan tepat pada titik mana kegagalan tersebut ditunjukkan. Sehingga akan lebih mudah bagi

perencana untuk melakukan modifikasi konstruksi maupun penguatan pada konstruksi yang diidentifikasi akan terjadi kerusakan / kegagalan konstruksi.

Untuk melakukan analisis dengan menggunakan FEM, sudah banyak *software* yang diciptakan untuk mempermudah analisis, salah satunya adalah SACS. SACS (*Structural Analysis Computer System*) adalah salah satu *computer software* pendukung analisa struktur sipil. SACS dikembangkan untuk digunakan sebagai *analysis tools offshore structure*. *Software* ini sangat umum digunakan di *engineering companies* yang bergerak di *design* dan *analysis offshore structure*.

Beberapa analisis *software* SACS adalah:

1. *Inplace Analysis*
2. *Seismic Analysis*
3. *Fatigue Analysis*
4. *Lifting Analysis*

2.2.8 Analisis *Inplace*

Analisis *inplace* merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan layak struktur pada saat beroperasi di tempat dimana struktur akan diinstal. Istilah “*inplace*” berarti kondisi setempat dimana struktur tersebut dibangun/diinstal yang berarti dalam analisis ini mempertimbangkan faktor-faktor eksternal (*environmental loads*) pada saat struktur diinstal.

Dalam perancangan struktur lepas pantai terpancang, analisis *inplace* merupakan salah satu aspek penting yang harus diperhatikan karena analisis *inplace* merupakan analisis pertama untuk memastikan struktur bisa menahan beban-beban yang ada saat beroperasi (*gravitational loads* dan *environmental loads*) dan struktur juga harus bisa *survive* ketika dalam kondisi ekstrim/badai. Dalam analisis *inplace* ini dibagi menjadi dua tahapan yaitu tahapan pembebanan dan tahapan running analisis statis:

- **Pembebanan**

Breasting dolphin adalah struktur yang khusus didesain untuk kegiatan *berthing* kapal di lepas pantai. *Breasting dolphin* harus dapat menahan beban-

beban yang bekerja padanya. Beban-beban tersebut diperhitungkan dalam analisis yang dilakukan.

Perhitungan beban-beban lingkungan yang bekerja pada struktur mengacu pada rekomendasi yang diberikan API RP2A dan dilakukan berdasarkan data oseanografi dan meteorologi seperti tinggi gelombang, periode gelombang, kecepatan angin, arus, pasang surut, gempa bumi, kondisi tanah dan lain sebagainya.

Struktur ini menjadi subjek terhadap berbagai macam pembebanan, dimana menurut API RP2A beban yang dapat diterima oleh struktur anjungan lepas pantai adalah sebagai berikut :

- 1) Beban Mati
- 2) Beban Hidup
- 3) Beban Lingkungan
- 4) Beban Konstruksi
- 5) Beban Tambahan
- 6) Beban Dinamik

▪ Analisis *Inplace*

Setelah semua pemodelan selesai, tahap terakhir adalah analisis statis terhadap struktur global dengan tujuan untuk memperoleh data *member stress* dan *member deflection check*.

Analisis *inplace* dilakukan secara terpisah dengan menggabungkan beban lingkungan yang maksimum antara 5 tahun (kondisi operasi) dan 100 tahun (kondisi badai) dengan beban operasional platform untuk memperoleh beban lingkungan yang kondisinya paling merugikan untuk dianalisis. Analisis *inplace* dapat dibagi menjadi dua kondisi, yaitu:

- 1) Kondisi operasi

Pada kondisi ini, struktur beroperasi secara normal sehingga struktur menerima seluruh beban kerja yang ada. Beban lingkungan yang terjadi pada struktur seperti beban gelombang, angin, dan arus diambil harga ekstrim untuk periode ulang 5 tahun.

2) Kondisi badai

Kondisi ini merupakan kondisi terjadinya badai pada lokasi struktur. Pada kondisi ini *allowable stress* dari tiap batang dinaikan harganya sebesar 133% menurut peraturan dari AISC.

Beberapa *output* yang dihasilkan dalam analisis *inplace* adalah *unity check member (member stress check)*, *joint deflection check*, *joint punching shear*, *pile capacity check*, dan periode natural struktur.

2.2.8.1 Rasio Tegangan Member

Unity check member untuk kondisi operasional disyaratkan kurang dari 1, sedangkan untuk kondisi badai batasnya dinaikkan 33.33% menjadi 1.33. Dalam melakukan desain optimasi untuk mengetahui dimensi tubular pada struktur, salah satunya dimensi *braces*, titik optimasi terjadi ketika variabel desain berpotongan dengan batas *unity check* yang diijinkan.

2.2.8.2 Joint Deflection Check

Joint deflection check bertujuan untuk mengetahui defleksi yang terjadi pada struktur setelah dilakukan analisis *inplace*. Defleksi yang terjadi pada member diisyaratkan adalah, $\delta \leq L/200$, dimana L adalah panjang member.

2.2.8.3 Joint Punching Shear Check

Joint punching shear check bertujuan untuk mengetahui kemampuan pada sambungan atau *joint* pada kaki *jacket* ketika terkena beban ketika beroperasi. Beban-beban tersebut akan menghasilkan gaya pada sambungan-sambungan yang menimbulkan konsentrasi tegangan dan mempunyai peluang terjadinya kegagalan pada struktur. Struktur disyaratkan aman ketika memiliki UC *joint punching shear* kurang dari 1.

2.2.9 Optimasi

Metode optimasi yang dilakukan suatu struktur dimaksudkan untuk menentukan kombinasi yang paling cocok dari berbagai variabel yang dimasukkan

dalam analisis struktur, yang mengalami kendala berupa geometrik dan perilaku struktur apabila struktur tersebut diberi beban pada kondisi tertentu.

Definisi penting yang didapat dalam metode optimasi struktur adalah variabel desain, kendala (*constraints*), dan fungsi tujuan yang ditentukan sebelum dilakukan analisis optimasi.

Suatu sistem struktur dapat digambarkan sebagai himpunan besaran yang beberapa diantaranya dinyatakan sebagai variabel selama proses optimasi. Variabel keputusan (*decision variables*) dan variabel konsekuensi (*consequence variables*) dalam proses optimasi. Variabel keputusan dapat pula dipahami sebagai tindakan (*act*) yang akan diambil, sementara variabel konsekuensi sebagai hasil (*outcome*) keputusan tersebut (Rosyid, 2009)

Kendala adalah batasan yang harus dipenuhi untuk mendapatkan suatu desain yang fisibel. Ada dua jenis kendala, yaitu:

1. Kendala desain, merupakan batasan spesifik (batas atas atau batas bawah) dari variabel rancang, misalnya batasan-batasan selain berupa perilaku struktur seperti tebal pelat minimum.
2. Kendala kelakuan, merupakan kendala yang berasal dari sifat atau kelakuan struktur yang diinginkan, misalnya tegangan maksimum dan defleksi maksimum.

Fungsi tujuan merupakan fungsi yang nilainya ingin dibuat minimum dalam proses optimasi. Fungsi ini merupakan fungsi dari variabel desain (x), yang diinginkan bernilai minimum. Pemilihan fungsi tujuan didasarkan pada salah satu keputusan yang terpenting dalam proses perencanaan optimal. Misalnya dalam kasus harga struktur yang berbanding langsung dengan berat struktur, maka fungsi tujuan dapat diwakili oleh berat struktur dalam analisis optimasi.

Masalah optimasi dapat dinyatakan dalam rumus dasar optimasi berupa formula matematis, yang menyangkut variabel desain, fungsi kendala, dan fungsi tujuan, yaitu meminimumkan

$$Z = F(x) ; x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} ; x \in X \quad \dots\dots\dots (2.30)$$

dimana:

Z = fungsi objektif

$F(x)$ = fungsi tujuan

x = vektor dari variabel desain

X = ruang dari variabel desain

$$g(x) \leq 0 \quad ; k=1,2,3,\dots,m \quad \dots\dots\dots (2.31)$$

dimana:

$g(x)$ = fungsi kendala

k = banyaknya kendala

2.2.9.1 Teknik Pengambilan Keputusan (Optimasi)

Pengambilan keputusan merupakan hal yang sangat penting karena keputusan yang tepat akan mendatangkan keuntungan. Dalam pengambilan keputusan terdapat tiga metode yang bisa digunakan, yaitu:

1. Metode Pengambilan Keputusan dalam Keadaan Kepastian (*certainty*).

Pemilihan keputusan ini menggambarkan rangkaian keputusan (kegiatan) hanya mempunyai satu hasil (*payoff* tunggal). Model pengambilan keputusan ini juga disebut dengan metode kepastian atau deterministik. Metode ini merupakan metode pengambilan keputusan yang paling sederhana jika dibandingkan dengan metode pengambilan keputusan yang lain.

2. Metode Pengambilan Keputusan dalam Kondisi Beresiko (*Risk*)

Pengambilan keputusan ini menggambarkan setiap rangkaian keputusan (kegiatan) mempunyai sejumlah hasil dan masing-masing kemungkinan hasil probabilitasnya dapat diperhitungkan atau dapat diketahui. Metode Keputusan dengan Resiko ini juga disebut Metode *Stokastik*.

3. Metode Pengambilan Keputusan dengan Ketidakpastian (*uncertainty*)

Metode pengambilan keputusan ini menggambarkan bahwa setiap rangkaian keputusan (kegiatan) mempunyai sejumlah hasil dan masing-masing kemungkinan hasil probabilitasnya tidak dapat diketahui/ditentukan. Metode pengambilan keputusan dengan kondisi seperti ini adalah situasi yang paling sulit untuk pengambilan keputusan.

Kondisi ketidakpastian ini relevan dengan apa yang dipelajari dalam *Game Theory*.

Dalam setiap pengambilan keputusan sangat dipengaruhi oleh ketersediaan informasi. Informasi dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu informasi sempurna (*perfect information*) dan informasi tidak sempurna (*imperfect information*). Setiap pengambilan keputusan terdapat beberapa prinsip yang perlu diperhatikan, yaitu (Rosyid, 2009) :

1. Prinsip *efisiensi*, yaitu bahwa setiap keputusan yang diambil adalah keputusan yang melibatkan sumber daya yang terbatas (*scarce resources*) untuk memperoleh hasil yang maksimal.
2. Prinsip *keluwesan*, yaitu bahwa keputusan yang telah diambil bukannya tidak dapat direvisi apabila terjadi perubahan-perubahan pada faktor lingkungan dan asumsi-asumsi yang ditetapkan sebelumnya, tidak ada keputusan yang berlaku selama-lamanya (keputusan terbaik bulan ini belum tentu merupakan keputusan yang terbaik bulan depan), serta pengambil keputusan harus terbuka dan siap untuk mengubah keputusan jika situasi dan kondisi mengharuskan.
3. Prinsip *ketersediaan alternatif*, yaitu bahwa bila tidak ada alternatif (pilihan atau opsi) maka tidak ada masalah dalam pengambilan keputusan. Peluang memperoleh penyelesaian yang terbaik dibuka oleh penyediaan alternatif-alternatif secara kreatif. Manajer yang efektif adalah manajer yang mampu menyediakan alternatif-alternatif yang tidak lazim.
4. Prinsip *adanya kendala-kendala (constraints)*, yaitu bahwa alternatif yang dipilih adalah alternatif yang memenuhi persyaratan ketersediaan sumberdaya dan syarat-syarat lain yang ditetapkan oleh pihak ketiga. Hampir semua penyelesaian atas persoalan pengambilan keputusan yang realistis pasti menghadapi keterbatasan sumberdaya.

Apabila proses pengambilan keputusan tidak sepenuhnya pasti (ada faktor lain yang mempengaruhi pilihan tersebut namun diluar jangkauan kendali kita), proses pengambilan keputusan menjadi sedikit rumit. Faktor lain ini lazim

ditimbulkan oleh kejadian-kejadian (*events*) yang tidak dapat dikendalikan, namun masih memiliki peluang terjadi.

Upaya aplikasi teknik optimasi dalam proses pengambilan keputusan sebagian besar dipakai untuk merumuskan model optimasi seperti pada Persamaan 2.27 tersebut diatas. Perumusan model optimasi dengan demikian tidak sepenuhnya objektif. Namun demikian, penyelesaian atas rumusan model optimasi dapat diselesaikan dengan amat ilmiah dan objektif dengan komputer (beserta programnya) sebagai alat bantu (Rosyid, 2009)

2.2.9.2 Metode Optimasi Multi Dimensi dengan Kendala

Dalam kategori metode ini, tersedia dua pendekatan yaitu : 1) Mengembangkan prosedur pelacakan yang memperhatikan adanya kendala ini secara langsung, dan 2) Menstransformasikan persoalan berkendala menjadi serangkaian persoalan tanpa kendala sehingga teknik-teknik optimasi tanpa kendala dapat dipakai secara bertahap (Rosyid, 2009).

Dalam pendekatan kedua dikenal metode *Sequential Linear Programming* (SLP). Dalam metode ini, persoalan semula dilinierkan pada titik X_i yang dipilih sebagai titik awal percobaan. Selanjutnya teknik *Linear Programming* dipakai untuk menyelesaikan masalah yang telah dilinearkan tersebut. Titik optimum pada langkah terakhir digunakan sebagai titik linierisasi baru, secara bertahap, hingga konvergensi tercapai. Jadi, dari titik awal percobaan X_i dilakukan linierisasi dengan ekspansi Taylor berikut :

$$f(X) = f(X_i) + \nabla f(X_i)^T (X - X_i) \quad \dots\dots\dots (2.29)$$

$$g(X) = g(X_i) + \nabla g(X_i)^T (X - X_i) \quad \dots\dots\dots (2.30)$$

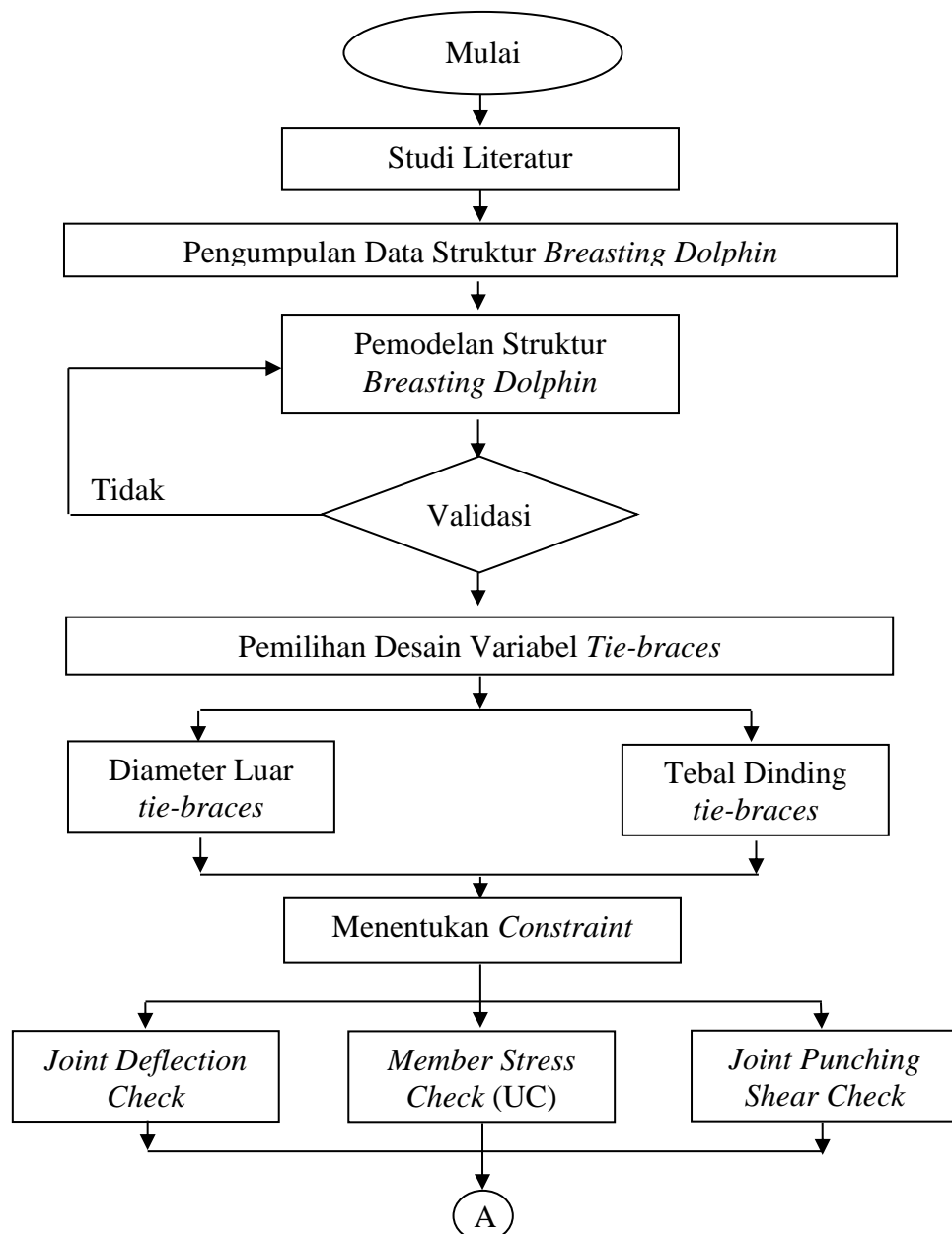
dengan linierisasi ini persoalan non-linier dapat diselesaikan dengan teknik *Linear Programming* (LP).

BAB III

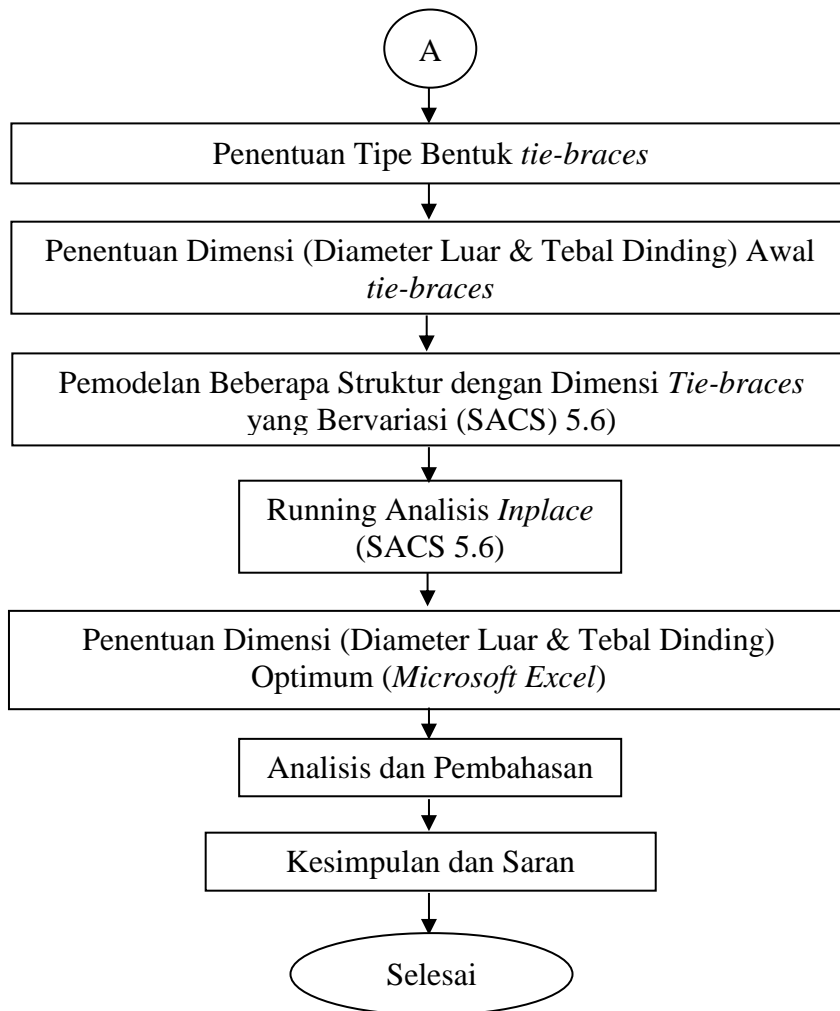
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini, model yang digunakan adalah model numerik yang dibuat dengan bantuan *software*. Sedangkan untuk metodologi penelitiannya, secara umum dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir (Lanjutan)

3.2 Prosedur Penelitian

Dalam penyusunan tugas akhir ini, akan dilakukan beberapa tahapan–tahapan yaitu sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari bahan acuan seperti laporan proyek penguatan struktur *breasting dolphin*, buku-buku, *codes*, jurnal-jurnal, dan referensi lain seperti studi sebelumnya dan artikel di internet yang relevan dengan tugas akhir ini.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data struktur *breasting dolphin* setelah dilakukan penguatan, pembebanan saat beroperasi (*dead load*, *live load*, *export tanker load*, *berthing load*, dan beban lingkungan kondisi operasi), dan kapasitas tanker didapatkan dari PT. ZEE Indonesia.

3. Pemodelan Struktur *Breasting Dolphin*

Pemodelan struktur *breasting dolphin* dengan penguatan yang sudah ada dilakukan berdasarkan data –data yang sudah terkumpul dengan menggunakan *software* SACS 5.6.

4. Validasi Model

Struktur *breasting dolphin* yang telah dimodelkan selanjutnya dilakukan analisis statis (*inplace*) dan diperiksa kesesuaian hasil analisis dengan data yang sudah ada. Jika validasi dianggap salah, maka model akan didesain ulang sampai hasil keluaran analisis statisnya tidak berbeda terlalu jauh dengan data yang sudah ada. Selanjutnya model yang sudah valid akan digunakan untuk *redesign* dengan konfigurasi dan dimensi *tie-braces* yang paling optimum.

5. Desain Variabel

Variabel yang dipilih dalam studi optimasi ini adalah menentukan tipe bentuk (konfigurasi), diameter luar, dan tebal dinding *tie-braces* pada struktur *breasting dolphin* berdasarkan kode API RP 2A.

6. Menentukan *Constraint*

Batasan (*constraint*) yang dipilih dalam tugas akhir ini adalah hasil dari analisis *inplace* struktur yaitu *Maximum Joint Deflection Check*, *Maximum Member Stress Check*, dan *Maximum Joint Punching Shear Stress Check*.

7. Penentuan Tipe Bentuk *Braces*

Penentuan tipe bentuk (konfigurasi) *tie-braces* dilakukan dengan meninjau *combined* UC pada beberapa struktur dengan tipe bentuk *braces* yang bervariasi sesuai kode API RP 2A.

8. Pemilihan Dimensi Awal *Braces*

Pemilihan dimensi *tie-braces* (diameter luar dan tebal dinding) dilakukan sesuai parameter desain yang ada pada API RP 2A.

9. Pemodelan dan Analisis *Inplace*

Pemodelan struktur *breasting dolphin* dengan *tie-braces* dilakukan setelah mengetahui konfigurasi dan dimensi dari *tie-braces*. Selanjutnya akan dilakukan running analisis *inplace* pada struktur *breasting dolphin* untuk mengetahui hasil *Maximum Joint Deflection Check*, *Maximum Member Stress Check*, dan *Maximum Joint Punching Shear Stress Check*.

10. Penentuan Dimensi *Braces* yang Optimum

Penentuan dimensi *braces* yang optimum dilakukan dari data hasil analisis *inplace* yang sudah dilakukan pada beberapa struktur *breasting dolphin* dengan variasi dimensi *tie-braces* dengan cara diplotkan dalam bentuk grafik pada *software Microsoft Excel*. Kriteria optimum akan diperoleh ketika ukuran dimensi (diameter luar dan tebal dinding) *tie-braces* berpotongan atau mendekati perpotongan antara kendala (defleksi *joint* maksimum, *member stress* maksimum, dan *joint punching stress* maksimum).

11. Analisis dan Pembahasan

Pada tahun 2014 telah dilakukan proyek penguatan struktur *breasting dolphin* pada terminal *oil/condensate* di Selat Berhala milik *Petrochina*. Selanjutnya akan dilakukan analisis dan pembahasan tentang hasil dari penguatan struktur *breasting dolphin* yang telah ada dengan hasil dari optimasi penguatan struktur *breasting dolphin* pada tugas akhir ini untuk mengetahui berat struktur yang lebih minimum.

12. Kesimpulan dan Saran

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Data Struktur *Breasting dolphin*

Struktur *breasting dolphin* yang digunakan sebagai objek penelitian dalam tugas akhir ini adalah struktur *breasting dolphin* milik Petrochina International Jabung Ltd yang beroperasi di Selat Berhala perairan Jambi, Indonesia. Struktur ini ketika pertama kali diinstal terdiri dari 6 kaki yang berupa *free standing pile* sebagai *pile driving* dan juga sebagai kaki *jacket* untuk menunjang *topside deck*. Struktur ini dilengkapi dengan *fender* yang dipasang didepan *deck* untuk menerima beban *export tanker* selama kegiatan *off-loading* berlangsung.

Berikut merupakan data bagian struktur *breasting dolphin* :

▪ *Jacket Leg*:

- Jumlah : 6
- Diameter Luar : 121.9 cm dan 115. 57 cm
- Tebal Dinding : 3.175 cm dan dan 3.165 cm

▪ *Topside Deck*:

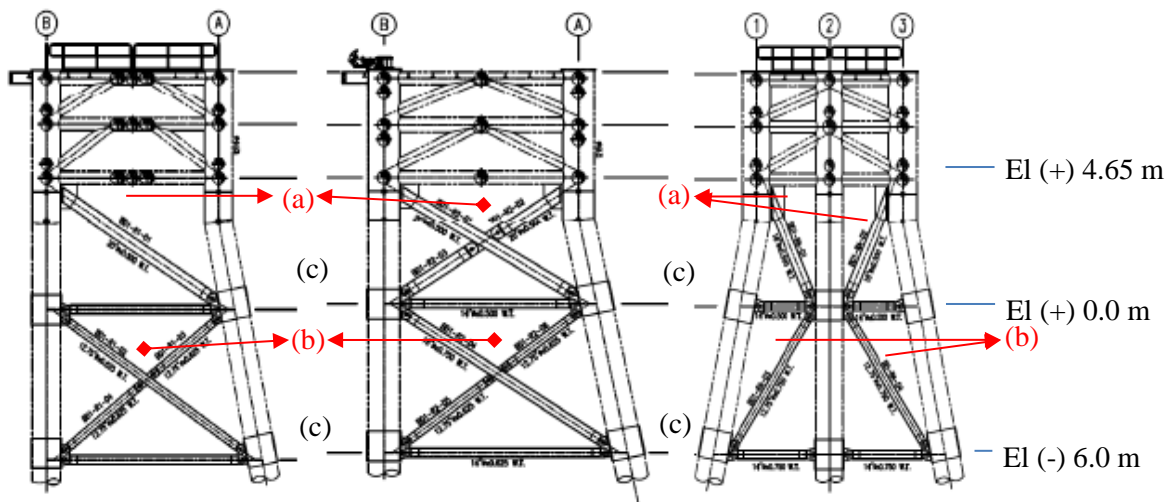
- Jumlah : 3
- Diameter Luar : 121.9 cm
- Tebal Dinding : 3.175 cm
- Elevasi *Main Deck* : El (+) 9.50 m
- Elevasi *Cellar Deck* : El (+) 7.35 m
El (+) 5.20 m

▪ *Appurtunances* : 1 *fender support*

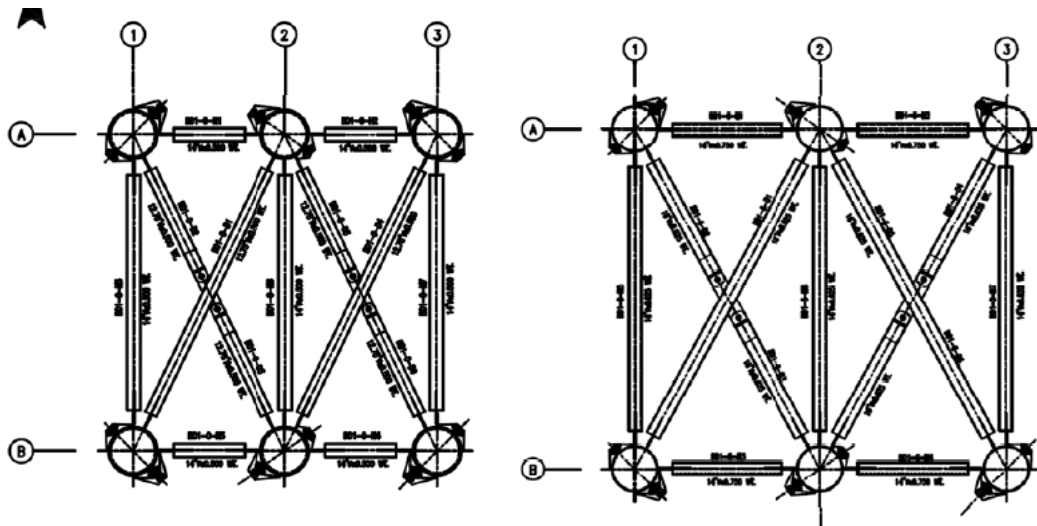
Pada tahun 2014 dilakukan penguatan struktur *breasting dolphin* dengan penambahan *tie-braces* pada *deck columns (deck leg)* dan kaki

jacket-nya. Detail penambahan *tie-braces* ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 yang terdiri dari:

- (a) *Diagonal tie-braces* dari El (+) 4.65 meter sampai El (+) 0.0 meter
- (b) *Diagonal tie-braces* dari El (+) 0.0 meter sampai El (-) 6.0 meter
- (c) *Horizontal tie-braces* pada El (+) 0.0 meter dan El (-) 6.0 meter

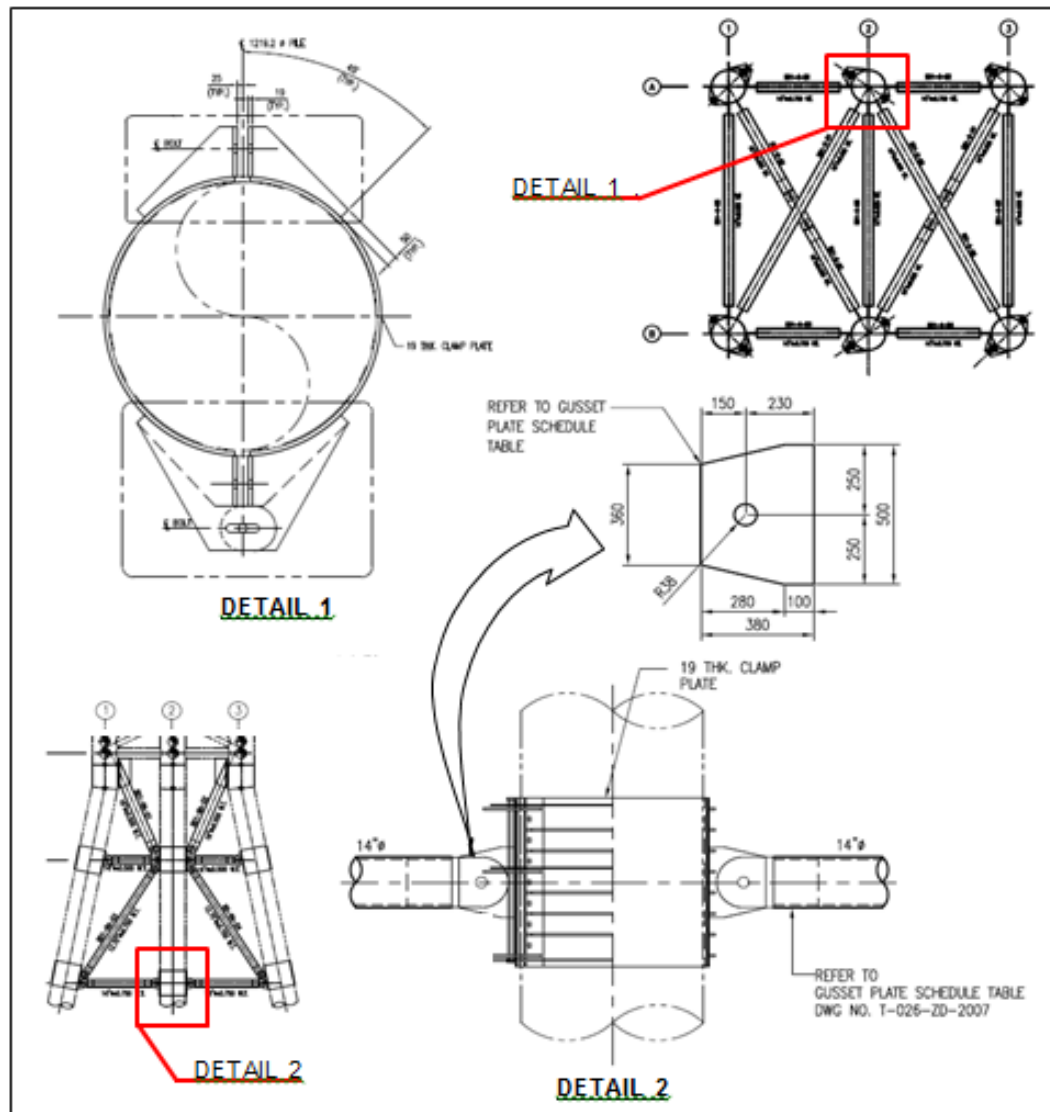


Gambar 4.1 Diagonal *Tie-Braces* Struktur *Breasting Dolphin* (PT Encona Inti Industri, 2014)



Gambar 4.2 *Horizontal Tie-Braces* Struktur *Breasting Dolphin* pada El (+) 0.0 meter (kiri) dan El (-) 6.0 meter (kanan) (PT Encona Inti Industri, 2014)

Pemasangan *tie-braces* pada *deck columns* (*deck leg*) dan kaki *jacket* dilakukan dengan sistem *clamp*. Salah satu detail *clamp* pada sambungan elevasi (-) 6 meter ditunjukkan pada gambar 4.3 berikut :



Gambar 4.3 Detail *Clamp* pada Sambungan *Tie-Braces* dengan *Breasting Dolphin* Elevasi (-) 6 meter (PT Encona Inti Industri, 2014)

4.1.2 Kriteria Desain

a) *Self Weight*

Self weight struktur adalah beban seluruhnya dari struktur berdasarkan *input* geometri dan *density* struktur yang besarnya 2586.04 kN.

b) *Non Generated Computer Dead Load*

Berupa beban *appurtenances* (*handrails, padeyes, anodes, gratings, bollards*, dll) yang besarnya adalah 148.76 kN.

c) *Bridge Dead Load*

Beban reaksi jembatan yaitu beban yang diberikan oleh adanya jembatan penghubung antar *breasting dolphin* dengan total beban adalah 490 kN. Dalam struktur ini beban pergerakan lateral (gesekan) jembatan karena beban angin juga perlu dihitung dengan total beban sebesar 73.5 kN (arah X) dan 180 kN (arah Y).

d) *Beban Hidup (Live Load)*

Beban hidup yang terjadi terdistribusi pada area *deck* dengan total beban sebesar 7.5 kN.

e) *Berthing Tanker Load*

Beban yang terjadi ketika kapal tanker bersandar pada *breasting dolphin* dengan kondisi *full capacity* dengan total beban arah X adalah 774 kN dan arah Y adalah 1742.04 kN.

f) *Data Lingkungan*

▪ Kedalaman Perairan

Kedalaman perairan di Selat Berhala tempat struktur *breasting dolphin* diinstal adalah 22 m MSL.

▪ Gelombang

Data gelombang pada kondisi operasi (periode ulang 5 tahun) yang digunakan dalam analisis ini ditunjukkan pada Tabel 4.1 dibawah:

Tabel 4.1 Data Gelombang

Deskripsi	Kondisi Analisis
	5-tahun
Tinggi gelombang signifikan	3.64 m
Periode gelombang	7.10 det

▪ Arus

Kecepatan arus dianggap bervariasi dan pada arah horisontal yang diukur menurut kedalaman. Kecepatan arus ditunjukkan pada Tabel 4.2 dibawah:

Tabel 4.2 Data Arus

Kedalaman (%)	Kecepatan Arus (m/det)
	5-tahun
0	0.91
10	0.89
20	0.89
30	0.88
40	0.87
50	0.85
60	0.83
70	0.80
80	0.77
90	0.71
100	0.64

▪ Koefisien Hidrodinamika

Nilai koefisien hidrodinamika yang digunakan untuk analisis ini sesuai dengan kode API RP 2A WSD yaitu:

	Cd	Cm
<i>Smooth members</i>	0.65	1.6
<i>Rough members</i>	1.05	1.2

- *Marine Growth*

Marine growth yang ditimbulkan oleh organisme laut yang menempel pada struktur *breasting dolphin* mengakibatkan struktur mengalami penambahan luas area melintang yang mengakibatkan gaya gelombang yang diterima menjadi lebih besar. Maka dihitung penambahan ketebalan akibat *marine growth* pada struktur yaitu 50 mm pada kedalaman *mudline* sampai MSL. Densitas *marine growth* diudara adalah 1400 kg/m^3 yang sama dengan 375 kg/m^3 dibawah permukaan air.

- *Corrosion Allowance*

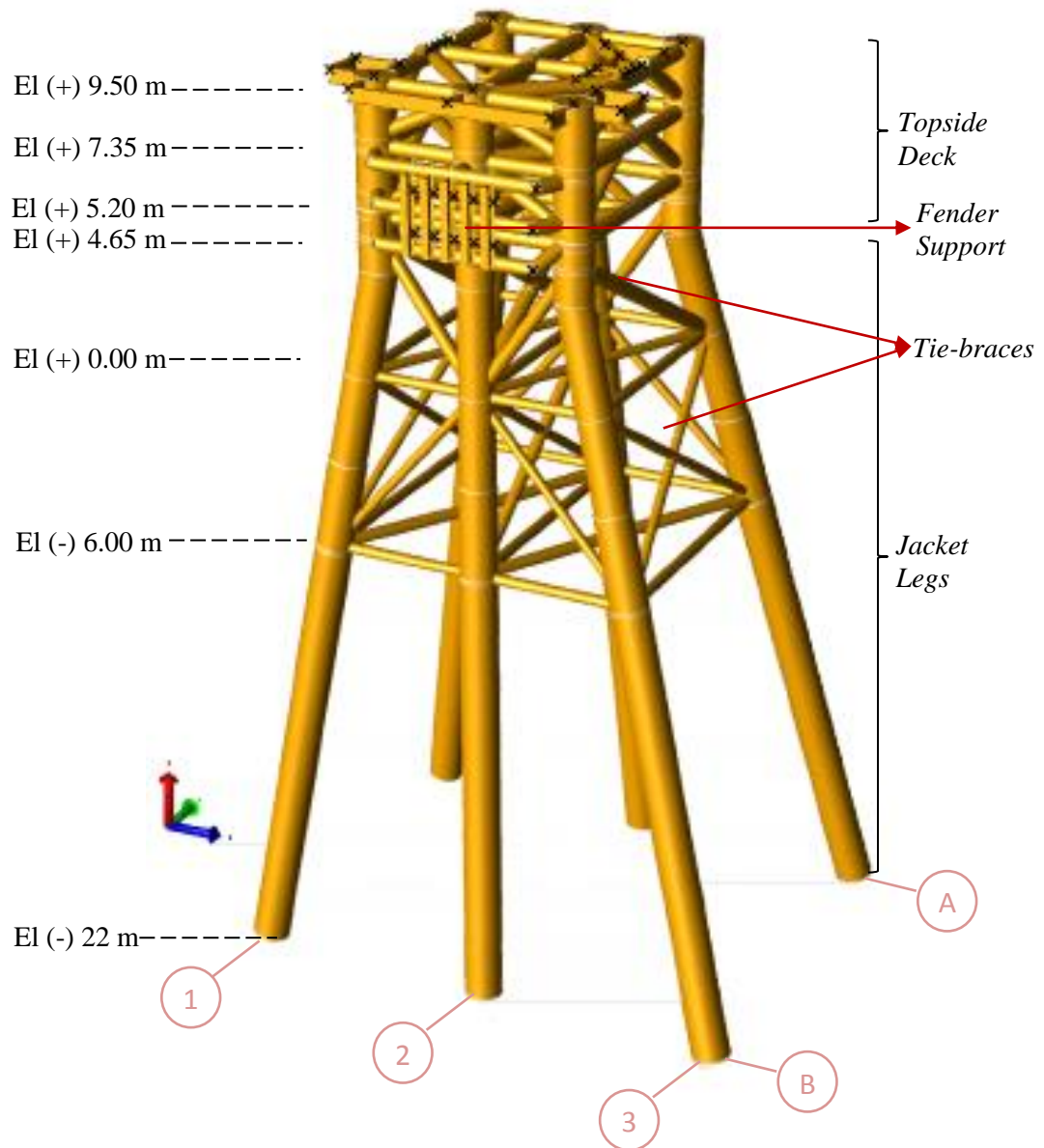
Nilai *Corrosion Allowance* yang diberikan pada analisis ini adalah 6.35 mm pada member struktur utama di area *splash zone*. Area *splash zone* berada pada El (-) 3.05 m sampai El (+) 3.00 m.

4.1.3 Data Kapasitas Tanker

Kapasitas kapal tanker yang bersandar pada struktur *breasting dolphin* memiliki kenaikan dari 1 juta barel menjadi 1.5 juta barel dari pertama kali diinstal sampai pada saat dilaksanakan proyek penguatan struktur. Untuk kapasitas kapal tanker 1.5 juta barel = 177.514,8 MT DWT, maka total *berthing load* yang terjadi adalah 2310.92 kN pada arah Y.

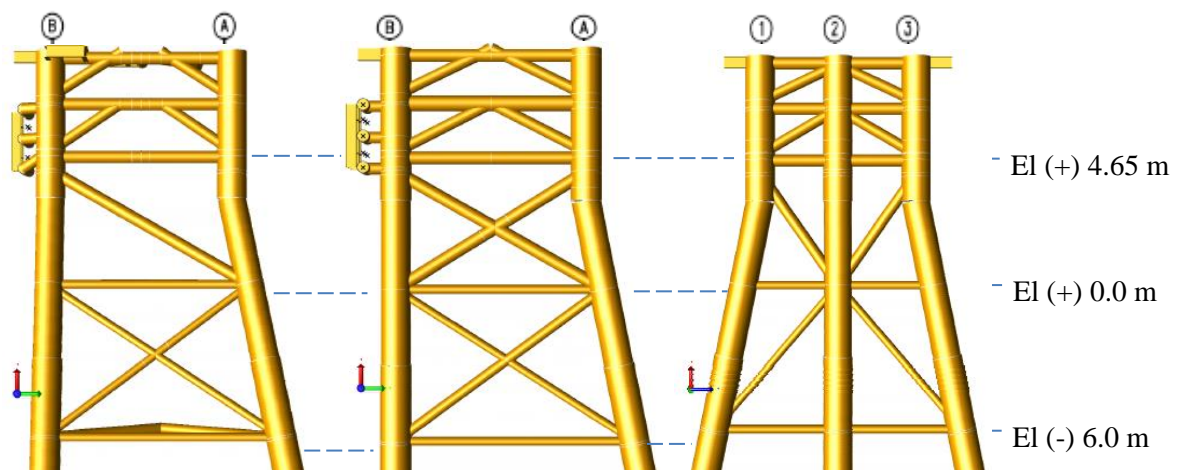
4.2 Pemodelan Struktur *Breasting Dolphin* dan Validasi

Pemodelan struktur *breasting dolphin* ini dilakukan dengan menggunakan *software* SACS 5.6 berdasarkan dengan gambar teknik (Gambar 4.1 dan Gambar 4.2) yang diperoleh dari data. Setiap *jacket member* dan *topside deck* dimodelkan, sedangkan *non-generated deadload* tidak dimodelkan tetapi diaplikasikan langsung dalam bentuk beban.

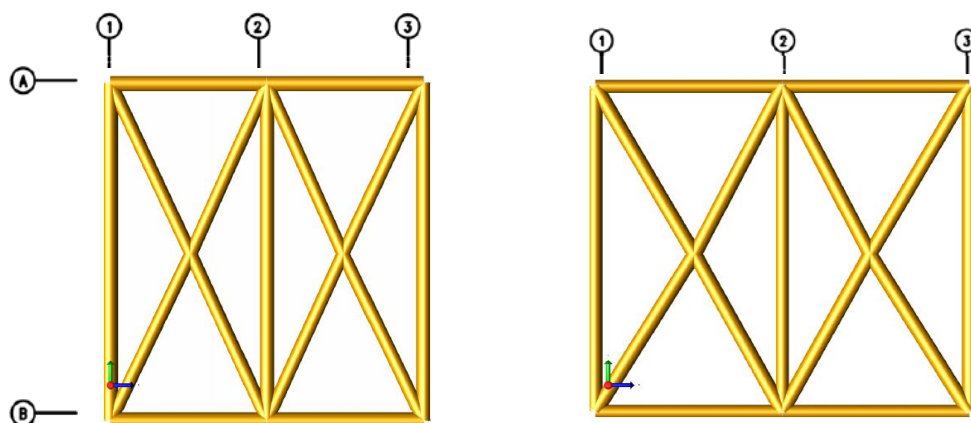


Gambar 4.4 Model Struktur *Existing Breasting Dolphin*

Detail model *tie-braces* ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 berikut (untuk detail lebih lengkap ditunjukkan pada Lampiran A1):



Gambar 4.5 Model Diagonal *Tie-braces* Struktur *Breasting Dolphin*



Gambar 4.6 Model *Horizontal Tie-braces* Struktur *Breasting Dolphin* pada El (+) 0.0 meter (kiri) dan El (-) 6.0 meter (kanan)

Setelah selesai melakukan pemodelan dan *running* analisis statis dalam *software* SACS, langkah selanjutnya adalah melakukan validasi terhadap hasil dari analisis dari model yang telah dibuat. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil *output running* analisis statis terhadap data yang sudah ada. Dari pemodelan dan analisis ini didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Hasil Validasi Analisis Statis dengan Data yang Ada

Keterangan	Data	Analisis	Koreksi
<i>Self Weight</i> (kN)	2586.04	2588.03	0.07 %
<i>Env Load</i> 0 deg – Fx (kN)	732.400	732.790	0.05 %
<i>Env Load</i> 45 deg – Fx (kN)	494.566	494.800	0.05 %
<i>Env Load</i> 90 deg – Fy (kN)	598.864	598.920	0.01 %
<i>Env Load</i> 135 deg – Fx (kN)	-494.566	-494.800	0.05 %

Berdasarkan Tabel 4.3 diatas dapat dilihat bahwa hasil analisis dari pemodelan terhadap data yang sudah ada tidak berbeda jauh (koreksi validasi kurang dari 4 persen) sehingga model dapat digunakan sebagai acuan dalam desain ulang penguatan struktur *breasting dolphin*.

4.3 Penentuan Variabel Desain dan *Constraints*

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah dimensi *tie-braces* pada struktur *breasting dolphin* yaitu diameter luar (OD) dan tebal dinding (WT) dengan fungsi tujuannya adalah untuk meminimumkan berat struktur setelah adanya optimasi desain *tie-braces*.

Batasan-batasan (*constraints*) yang diberikan adalah *joint deflection check*, *member stress check* (*maximum UC*) dan *joint punching shear stress check* (*maximum UC*).

➤ *Maximum Deflection*

Struktur dianggap aman ketika defleksi yang terjadi kurang dari defleksi yang diijinkan. Defleksi yang diijinkan dihitung dengan persamaan $L/200$ dimana L adalah panjang *member (pile)*. Batas defleksi yang diijinkan dalam penelitian ini adalah 12.5 cm (panjang pile adalah 25 meter).

. Karena disini analisis optimasi dipakai untuk meminimumkan berat struktur yang berarti kriteria optimum tercapai ketika variabel bebas berpotongan dengan *constraint*, maka dimensi optimum terjadi ketika variabel bebas berpotongan dengan batas defleksi yang diijinkan.

➤ *Maximum UC*

Struktur dianggap aman ketika UC yang terjadi pada *member stress check* dan *joint punching shear stress check* kurang dari 1. Karena disini analisis optimasi dipakai untuk meminimumkan berat struktur yang berarti kriteria optimum tercapai ketika variabel bebas berpotongan dengan *constraint*, maka dimensi optimum terjadi ketika variabel bebas berpotongan dengan batas UC yang diijinkan yaitu 1.

4.4 Penentuan Tipe Bentuk *Braces*

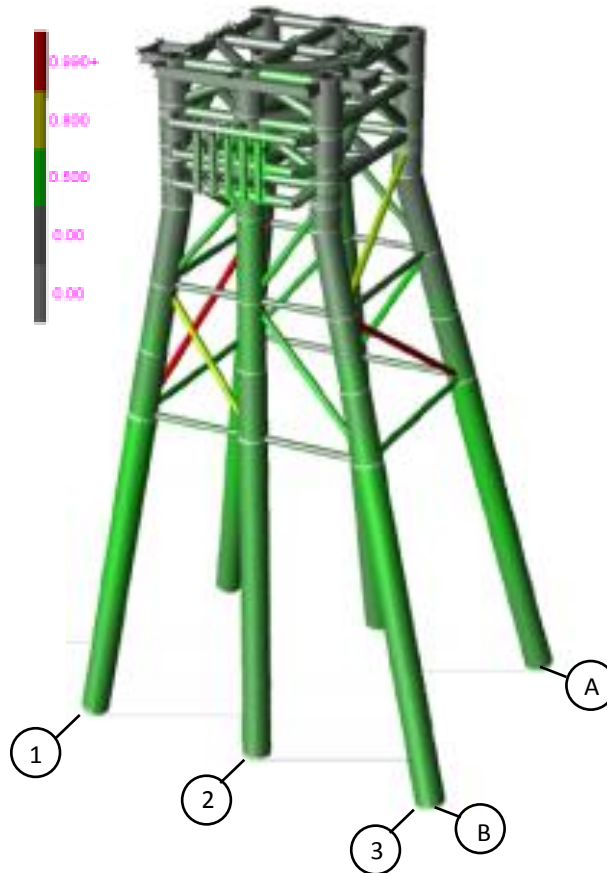
Penentuan tipe bentuk (konfigurasi) *braces* dilakukan dengan analisis statis (*inplace*) pada beberapa struktur *breasting dolphin* dengan penambahan *tie-brace* yang bervariasi sesuai dengan tipe-tipe bentuk *brace* (pada bab 2.3). Pemodelan beberapa struktur *breasting dolphin* dan analisis *inplace* dilakukan menggunakan *software* SACS 5.6 dengan menyamakan ukuran diameter luar dan ketebalan pada *tie-braces*-nya. Pemodelan ini juga dilakukan tanpa merubah elevasi *braces* yang sudah ada.

Dari analisis *inplace* yang sudah dilakukan dari beberapa struktur, akan didapat hasil berupa maksimum *combined unity check* (UC) pada member *tie-brace*. UC ini yang akan dijadikan penentu untuk memilih konfigurasi yang paling sesuai. Konfigurasi *braces* ditentukan dengan melihat UC pada semua member *tie-braces* yang memiliki selisih tidak terlalu jauh berbeda, hal ini dilakukan karena dalam tugas akhir ini, semua *tie-braces* (*diagonal* dan *horizontal*) memiliki dimensi yang sama.

Beberapa *breasting dolphin* dimodelkan dengan konfigurasi *tie-braces* yang berbeda namun memiliki dimensi *tie-braces* yang sama, yaitu diameter luarnya 30 cm dan tebal dindingnya 1.55 cm. Hasil dari pemodelan dan analisis beberapa struktur *breasting dolphin* dengan konfigurasi yang berbeda adalah sebagai berikut:

4.4.1 Bentuk K – brace

Hasil pemodelan dan analisis *inplace* pada struktur *breasting dolphin* dengan tipe K–brace ditunjukkan pada Gambar 4.7 dan 5 member yang memiliki UC tertinggi ditunjukkan pada Tabel 4.4 :

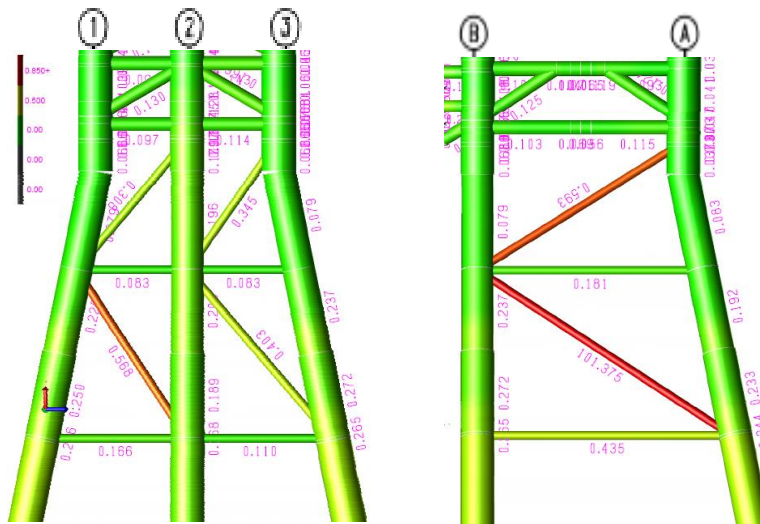


Tabel 4.4 *Member K-braces* dengan UC Tertinggi

<i>Critical Member</i>	UC Max
0002-0116	101.38
0010-0003	1.40
306-0008	0.60
0000-0007	0.57
0008-0012	0.45

Gambar 4.7 *Maximum Combined UC* pada *Breasting Dolphin* dengan K – brace

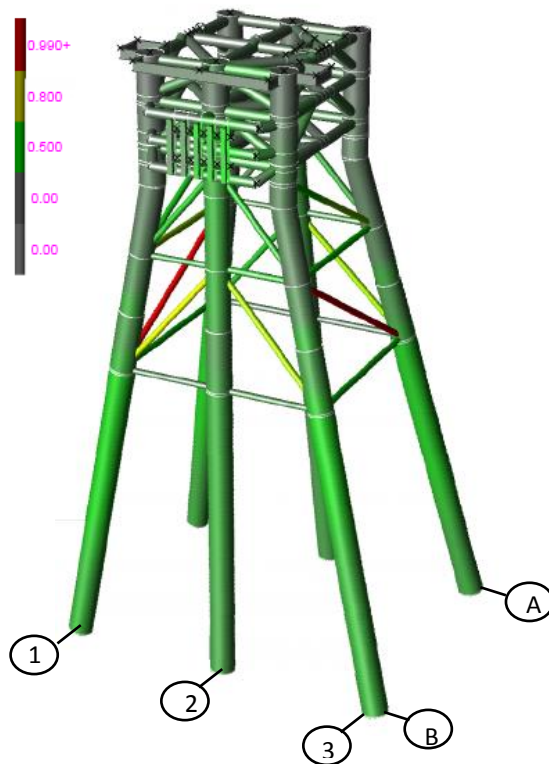
Detail hasil analisis *inplace* pada struktur *breasting dolphin* dengan tipe K–brace ditunjukkan pada Gambar 4.8 t:



Gambar 4.8 *Maximum Combined UC* pada *Breasting Dolphin* dengan *K – brace*
Tampak Depan – *Plan XZ* (kiri) dan Tampak Samping – *Plan YZ* (kanan)

4.4.2 Bentuk Pola V–brace

Hasil pemodelan dan analisis *inplace* pada struktur *breasting dolphin* dengan tipe *V–brace* ditunjukkan pada Gambar 4.9 dan 5 *member* yang memiliki UC tertinggi ditunjukkan pada Tabel 4.5 t :

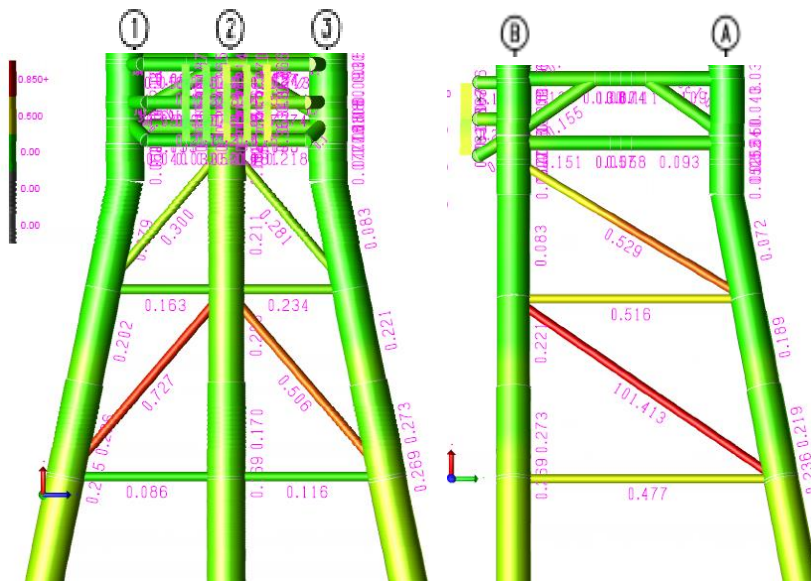


Tabel 4.5 *Member V-braces* dengan UC Tertinggi

<i>Critical Member</i>	UC Max
0002-0116	101.41
0010-0003	1.48
0003-0001	0.73
0011-0009	0.53
303-0008	0.53

Gambar 4.9 *Maximum Combined UC* pada *Breasting Dolphin* dengan *V – brace*

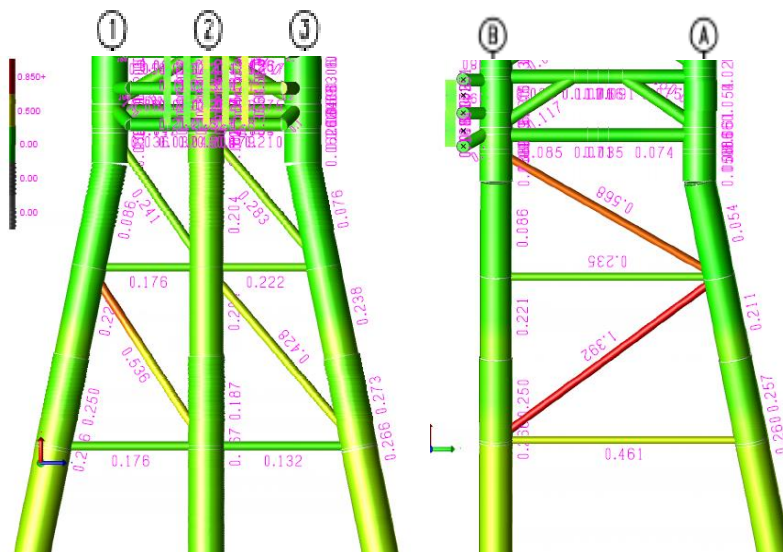
Detail hasil analisis *inplace* pada struktur *breasting dolphin* dengan tipe V – brace ditunjukkan pada Gambar 4.10 :



Gambar 4.10 *Maximum Combined UC* pada *Breasting Dolphin* dengan V – brace Tampak Depan – Plan XZ (kiri) dan Tampak Samping – Plan YZ (kanan)

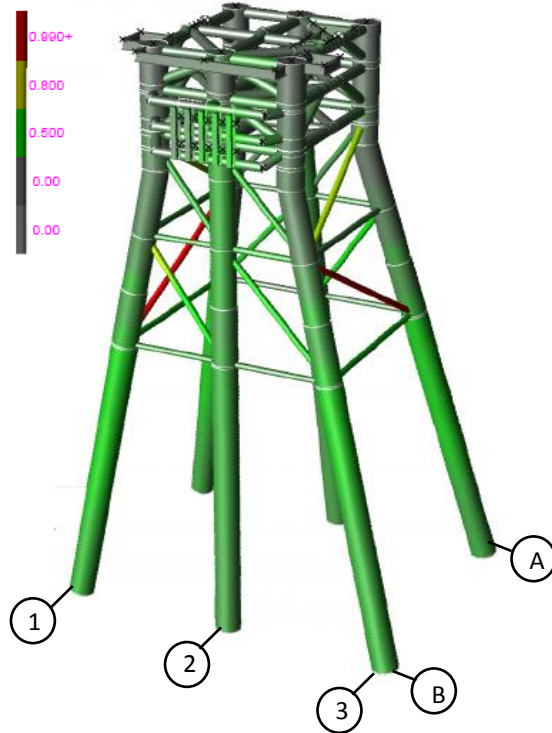
4.4.3 Bentuk Pola N-brace

Detail hasil pemodelan dan analisis *inplace* pada struktur *breasting dolphin* dengan tipe N-brace ditunjukkan pada Gambar 4.11:



Gambar 4.11 *Maximum Combined UC* pada *Breasting Dolphin* dengan N – brace Tampak Depan – Plan XZ (kiri) dan Tampak Samping – Plan YZ (kanan)

Hasil pemodelan dan analisis *inplace* pada struktur *breasting dolphin* dengan tipe N-brace ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan 5 member yang memiliki UC tertinggi ditunjukkan pada Tabel 4.6 :



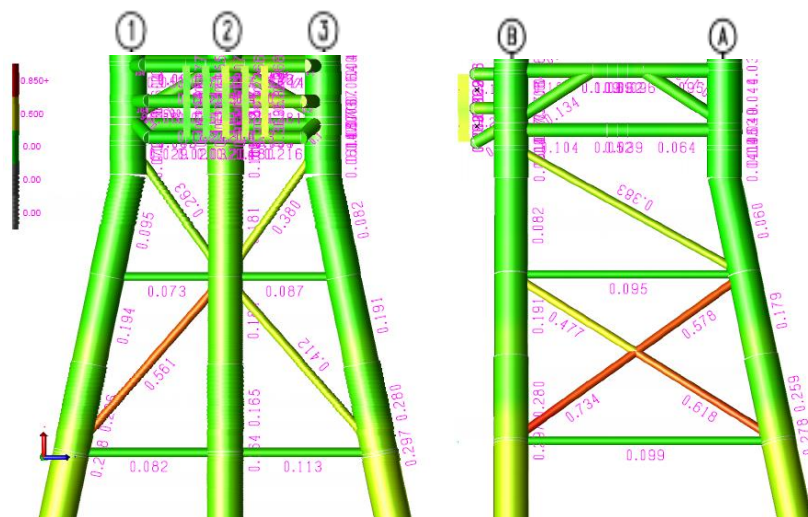
Tabel 4.6 *Member N-braces* dengan UC Tertinggi

<i>Critical Member</i>	UC Max
0002-0116	101.38
0010-0003	1.40
306-0002	0.60
0000-0007	0.54
0008-0012	0.44

Gambar 4.12 *Maximum Combined UC pada Breasting Dolphin dengan N – brace*

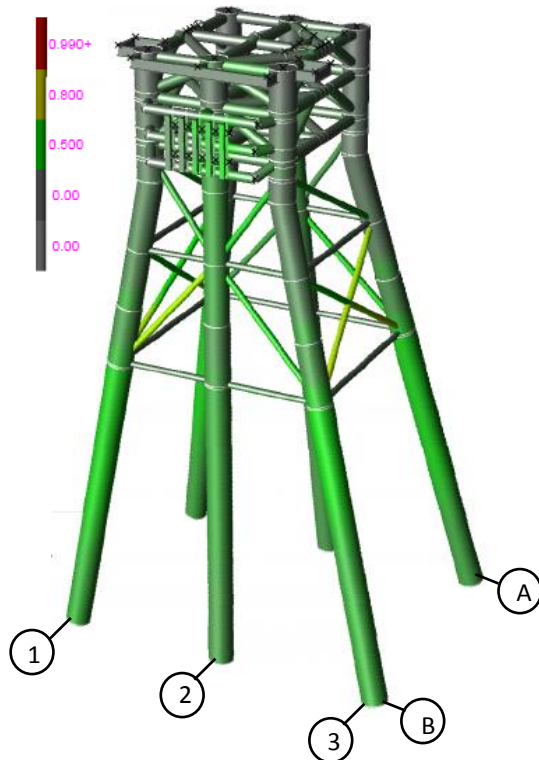
4.4.4 Bentuk Pola V dan X-brace

Detail hasil pemodelan dan analisis *inplace* pada struktur *breasting dolphin* dengan tipe V dan X-brace ditunjukkan pada Gambar 4.13:



Gambar 4.13 *Maximum Combined UC pada Breasting Dolphin dengan V dan X – brace Tampak Depan – Plan XZ (kiri) dan Tampak Samping – Plan YZ (kanan)*

Maximum Combined UC member pada *breasting dolphin* dengan V dan X - brace ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Tabel 4.7 :



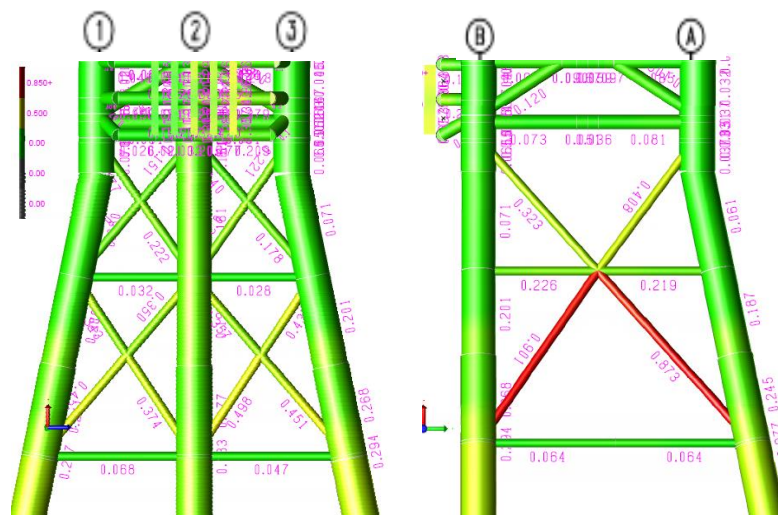
Tabel 4.7 Member V dan X-braces dengan UC Tertinggi

<i>Critical Member</i>	UC Max
0006-0014	0.73
0014-0011	0.62
0016-0013	0.61
0014-0008	0.58
0016-0003	0.57

Gambar 4.14 *Maximum Combined* UC pada *Breasting Dolphin* dengan V dan X - brace

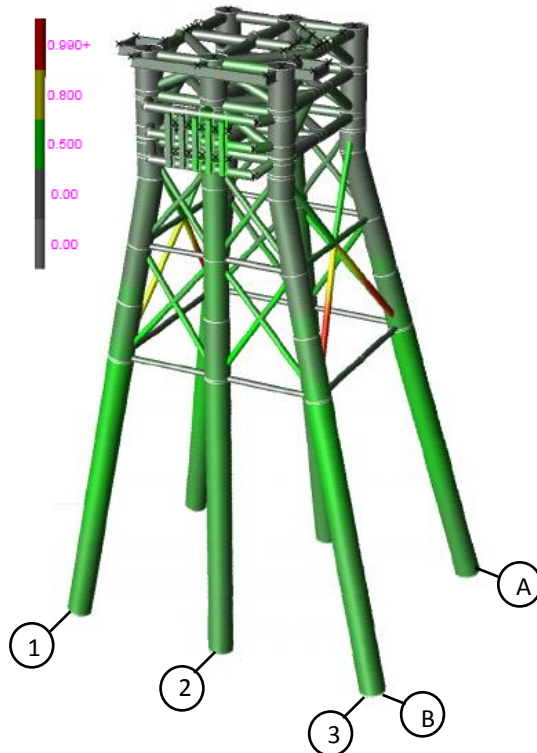
4.4.5 Bentuk Pola X-brace

Detail hasil pemodelan dan analisis *inplace* pada struktur *breasting dolphin* dengan tipe X - brace ditunjukkan pada Gambar 4.15 :



Gambar 4.15 *Maximum Combined* UC pada *Breasting Dolphin* dengan X - brace
Tampak Depan – *Plan XZ* (kiri) dan Tampak Samping – *Plan YZ* (kanan)

Maximum Combined UC member pada breasting dolphin dengan X - brace ditunjukkan pada Gambar 4.16 dan Tabel 4.8 :



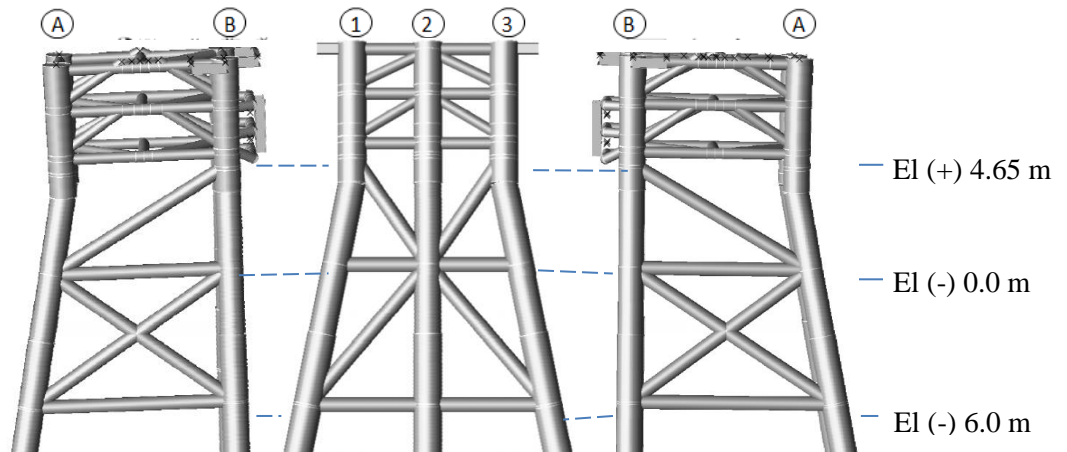
Tabel 4.8 *Member X-braces* dengan UC Tertinggi

<i>Critical Member</i>	UC Max
0004-0006	0.90
0004-0011	0.87
0005-0013	0.86
0005-0003	0.73
0007-0021	0.50

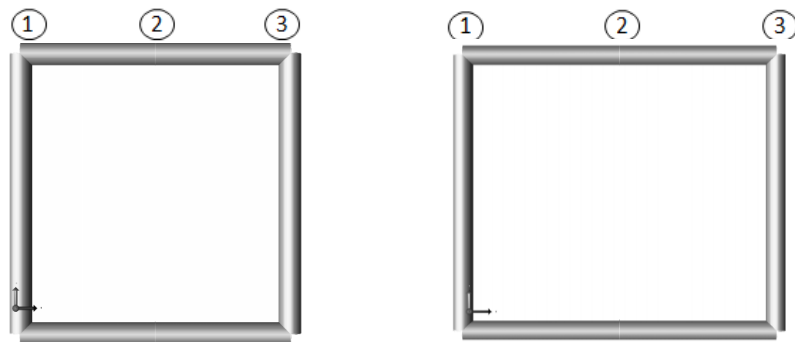
Gambar 4.16 *Maximum Combined UC pada Breasting Dolphin dengan N-brace*

Dari data hasil analisis *inplace* yang sudah dilakukan dari beberapa struktur diatas, dapat dilihat bahwa struktur *breasting dolphin* yang memiliki selisih UC tidak jauh berbeda adalah struktur *breasting dolphin* dengan konfiurasi V dan X-*braces*. Maka tipe konfigurasi ini yang optimum untuk struktur *breasting dolphin* di Selat Berhala dan akan dijadikan model untuk menentukan dimensi yang optimum pada tahap selanjutnya.

Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 berikut merupakan detail desain *tie-braces* struktur *breasting dolphin* di Selat Berhala:



Gambar 4.17 Redesign – *Diagonal Tie-braces* Struktur *Breasting Dolphin*



Gambar 4.18 Redesign - *Horizontal Tie-braces* Struktur *Breasting Dolphin* pada El (+) 0.0 meter (kiri) dan El (-) 6.0 meter (kanan)

4.5 Kalkulasi Dimensi Awal *Braces*

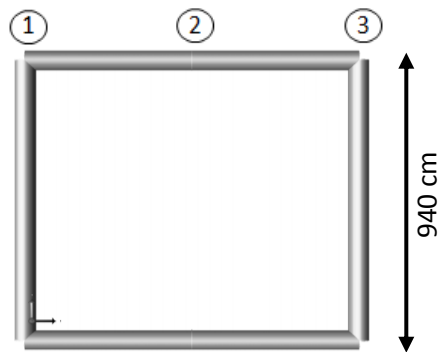
Penentuan dimensi awal pada *tie-braces* sesuai pada kode cek API RP 2A yaitu dengan menggunakan parameter rasio kerampingan (kL/r), rasio D/t , rasio beta (β) dan rasio tau (τ).

4.5.1 Diameter Luar *Braces*

Diameter luar *braces* ditentukan dengan menghitung rasio kerampingan :

➤ *Horizontal Brace*

Brace horizontal yang digunakan dalam perhitungan ini adalah *brace* yang memiliki panjang paling besar, yaitu pada elevasi (+) 0.0 meter.



Gambar 4.19 Ukuran Panjang *Brace* pada El (+) 0.0 meter

1) $kL/r = 90$

$$kL/r = kL/0.35D = 90$$

$$D = 20.89 \text{ cm}$$

2) $kL/r = 60$

$$L/r = kL/0.35D = 60$$

$$D = 31.33 \text{ cm}$$

dimana :

k = koefisien panjang efektif (*horizontal brace*) = 0.7

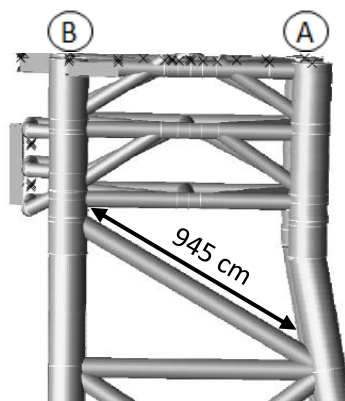
L = panjang *brace* horisontal

r = radius girasi = 0.35 D

D = diameter luar *brace*

➤ *Diagonal Brace*

Brace diagonal yang digunakan dalam perhitungan ini adalah *brace* yang memiliki panjang paling besar, yaitu *brace* diagonal pada elevasi (+) 4.65 meter sampai elevasi (+) 0.00 meter.



Gambar 4.20 Ukuran Panjang *Brace* Diagonal

$$1) \quad kL/r = 90$$

$$kL/r = kL/0.35D = 90$$

$$D = 24 \text{ cm}$$

$$2) \quad kL/r = 60$$

$$L/r = kL/0.35D = 60$$

$$D = 36 \text{ cm}$$

dimana:

k = koefisien panjang efektif (*diagonal brace*) = 0.8

L = panjang *brace* horisontal

r = radius girasi = 0.35 D

D = diameter luar *brace*

Selanjutnya ditentukan ukuran diameter luar *brace* dengan rasio beta, β :

$$\beta = d/D \quad (0.2 - 0.8)$$

$$\text{untuk } \beta = 0.2 \quad \rightarrow d = 23.114 \text{ cm}$$

$$\text{untuk } \beta = 0.8 \quad \rightarrow d = 92.456 \text{ cm}$$

dimana:

d = diameter luar *brace*

D = diameter luar *cord* (*pile* = 115.57 cm)

Dari perhitungan parameter diatas, ditentukan ukuran diameter luar *brace* yaitu antara 24 cm sampai 36 cm.

4.5.2 Tebal Dinding Braces

Tebal dinding *braces* ditentukan dengan menghitung rasio tau (τ):

$$\tau = t/T \quad (0.3 - 0.7)$$

$$\tau = 0.3 \quad \rightarrow t = 0.95 \text{ cm}$$

$$\tau = 0.7 \quad \rightarrow t = 2.22 \text{ cm}$$

dimana:

t = tebal dinding *brace*

T = tebal dinding *cord* ($pile = 3.165$ cm)

Dari ukuran diameter luar dan tebal dinding *brace* yang sudah dipilih dari parameter-parameter diatas, dipilih ukuran dimensi *brace* yang paling sesuai dengan rasio D/t :

$$d/t < 60$$

$$\text{Untuk } d = 36 \text{ dan } t = 0.95 \quad \rightarrow d/t = 37.89$$

Hal ini berarti semua ukuran dimensi *brace* yang sudah dipilih memenuhi parameter desain yaitu:

$$24 \text{ cm} \leq OD \leq 36 \text{ cm}$$

$$0.95 \text{ cm} \leq WT \leq 2.22 \text{ cm}$$

4.6 Pemodelan Strukur dan Analisis *Inplace*

Pemodelan struktur *breasting dolphin* dilakukan menggunakan *software* SACS 5.6 dengan ukuran konfigurasi dan dimensi *tie-braces* yang sudah terpilih. Dari rentang diameter yang sudah terpilih (pada SUBBAB 4.5) yaitu antara 24 cm sampai 36 cm akan dipilih ukuran diameter yang ada di pasaran (sesuai *codes* API 5L 2004) yaitu 27.31 cm, 32.39 cm, dan 35.56 cm. Masing-masing diameter akan dikombinasikan dengan ukuran tebal dinding yang bervariasi yang dipilih secara acak yaitu 0.95 cm, 1.45 cm, 1.95 cm, dan 2.22 cm pada setiap strukturnya.

Setiap *member deck* dan *jacket structure* dimodelkan, sedangkan *non-generated deadload* diaplikasikan dalam bentuk beban tanpa dimodelkan. Selanjutnya dilakukan analisis *inplace* pada struktur untuk mengetahui hasil *Maximum Joint Deflection*, *Maximum Member Stress*, dan *Maximum Joint Punching Shear Stress*.

4.7 Penentuan Dimensi *Braces* yang Optimum

Penentuan dimensi *braces* yang optimum dilakukan dari data hasil analisis *inplace* yang sudah dilakukan (pada BAB 4.6) pada beberapa struktur *breasting dolphin* dengan variasi dimensi *tie-braces* dengan cara diplotkan dalam bentuk

grafik pada *software Microsoft Excel*. Kriteria optimum akan diperoleh ketika ukuran dimensi (diameter luar dan tebal dinding) *tie-braces* berpotongan dengan kendala (*constraint*).

Informasi selengkapnya akan ditunjukkan pada tabel dan grafik berikut :

Tabel 4.9 Hasil Analisis *Inplace* Beberapa Struktur *Breasting Dolphin* dengan Diameter Luar *Braces* 27.31 cm

WT (cm)	<i>Deflection</i> (cm)	<i>Member Stress UC</i>	<i>Joint Punching Shear UC</i>	<i>Self Weight</i> (kN)
0.95	7.06	0.96	2.28	2438.46
1.45	6.72	0.72	1.62	2495.08
1.95	6.54	0.59	1.28	2549.42
2.22	6.48	0.54	1.15	2577.82

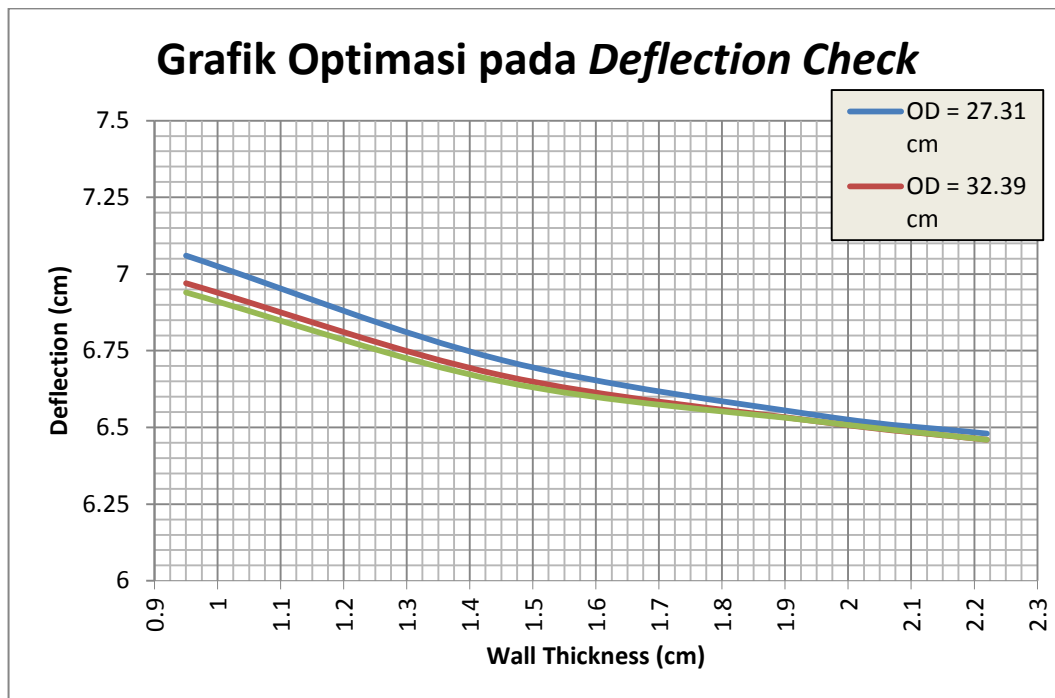
Tabel 4.10 Hasil Analisis *Inplace* Beberapa Struktur *Breasting Dolphin* dengan Diameter Luar *Braces* 32.39 cm

WT (cm)	<i>Deflection</i> (cm)	<i>Member Stress UC</i>	<i>Joint Punching Shear UC</i>	<i>Self Weight</i> (kN)
0.95	6.97	0.82	2.01	2426.53
1.45	6.67	0.62	1.38	2494.69
1.95	6.52	0.51	1.08	2560.58
2.22	6.46	0.47	0.97	2595.22

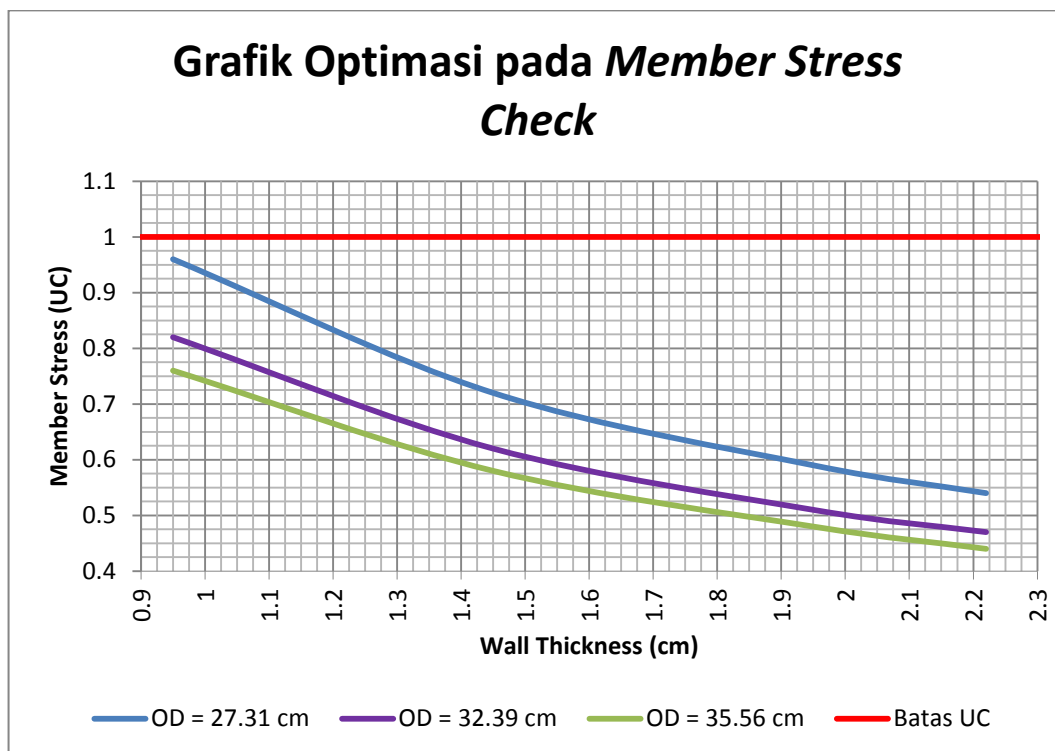
Tabel 4.11 Hasil Analisis *Inplace* Beberapa Struktur *Breasting Dolphin* dengan Diameter Luar *Braces* 35.56 cm

WT (cm)	<i>Deflection</i> (cm)	<i>Member Stress UC</i>	<i>Joint Punching Shear UC</i>	<i>Self Weight</i> (kN)
0.95	6.94	0.76	2.00	2415.68
1.45	6.66	0.58	1.27	2491.05
1.95	6.52	0.48	0.99	2564.15
2.22	6.46	0.44	0.88	2602.67

Dari tabel diatas akan diplot kedalam grafik untuk mencari titik optimumnya.



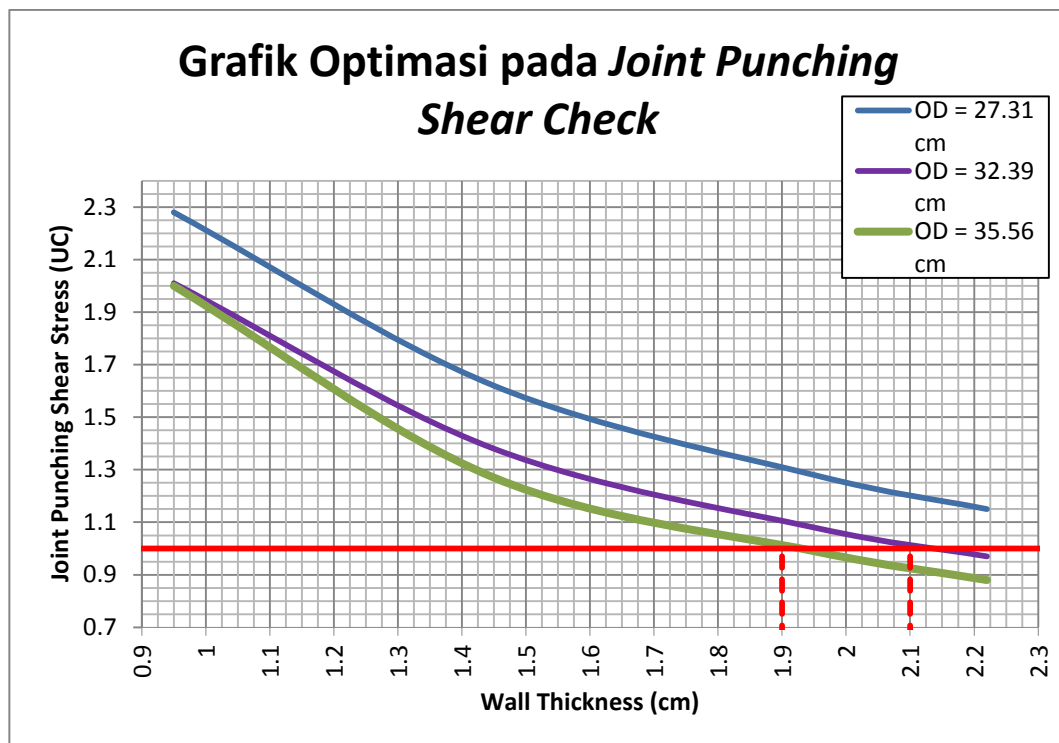
Gambar 4.21 Grafik Optimasi pada *Deflection Check*



Gambar 4.22 Grafik Optimasi pada *Member Stress Check* (UC)

Pada Gambar 4.21 menunjukkan bahwa semua struktur memenuhi *deflection check* dan bahkan memiliki defleksi yang jauh dibawah batas defleksi yang diijinkan yaitu 12.5 cm. Titik optimum ditentukan dengan melihat defleksi yang terjadi berpotongan dengan batas defleksi yang diijinkan atau yang mendekati batas defleksi yang diijinkan, yaitu pada diameter luar 27.35 cm dan tebal dinding 0.95 cm.

Dan pada Gambar 4.22 menunjukkan bahwa semua struktur memenuhi *member stress check* yaitu memiliki UC dibawah batas yang diijinkan yaitu 1. Titik optimum ditentukan dengan melihat *member stress check* yang terjadi berpotongan dengan batas UC yang diijinkan atau yang mendekati batas UC yang diijinkan, yaitu pada diameter luar 27.35 cm dan tebal dinding 0.95 cm



Gambar 4.23 Grafik Optimasi pada *Joint Punching Stress Check* (UC)

Dari Gambar 4.23 diatas dapat dilihat bahwa titik yang berpotongan dengan batas UC terjadi pada dua variasi diameter luar yaitu pada OD 35.56 cm ukuran

WT-nya adalah 1.9 cm dan pada OD 32.39 cm ukuran WT-nya adalah antara 2.1 cm.

Karena hasil *deflection check* dan *member stress check* yang terjadi pada semua kombinasi dimensi *tie-braces* struktur *breasting dolphin*, maka dalam menentukan dimensi optimum lebih dipertimbangkan dari hasil *joint punching shear stress check*-nya.

Pada grafik optimasi *joint punching shear stress check* diatas (Gambar 4.23) terdapat dua titik perpotongan antara semua dua diameter luar dengan kendala, yang berarti ada dua titik optimum yang terjadi. Karena lingkup studi ini adalah optimasi desain *tie-braces* struktur *breasting dolphin* yang sudah ada (diinstal) maka untuk menentukan dimensi yang paling optimum adalah dengan melihat berat struktur paling minimum dari dua dimensi yang sudah terpilih diatas.

Pada dua dimensi yang terpilih tersebut, ukuran tebal dinding (WT) *braces*-nya tidak terdapat pada *schedule API Specification 5L*, maka akan dipilih ukuran tebal dinding (WT) yang tersedia sesuai dengan *API Specification 5L* yang ukurannya mendekati 1.9 cm untuk OD 35.56 cm dan mendekati 2.1 cm untuk OD 32.39 cm.

Hasil optimasi dengan melihat berat struktur dari struktur *breasting dolphin* dengan tiga dimensi yang sudah terpilih ditunjukkan pada Tabel 4.12 berikut :

Tabel 4.12 Berat Struktur *Breasting Dolphin*

OD (cm)	WT Grafik (cm)	WT API 5L (cm)	Self Weight (kN)
32.39	2.1	2.06	2574.77
35.56	1.9	1.91	2558.38

Dari Tabel 4.12 diatas dapat ditentukan bahwa dimensi yang paling optimum untuk *re-design tie-braces* struktur *breasting dolphin* di Selat Berhala adalah dengan ukuran diameter luar 35.62 cm dan tebal dinding 1.91 cm karena memiliki berat struktur paling kecil.

4.8 Analisis dan Pembahasan

Seperti telah dijelaskan diawal bahwa pada tahun 2014 telah dilakukan *redesign* sruktur *breasting dolphin* milik Petrochina International Jabung Ltd pada Terminal *Oil/Condensate* di Selat Berhala, lepas pantai Jambi, Indonesia. *Redesign* ini dimaksudkan untuk memperkuat struktur *breasting dolphin* yang hampir mengalami keruntuhan akibat bertambahnya beban yang diterima struktur pada saat aktifitas ekspor kapal tanker. Bertambahnya beban terjadi karena adanya peningkatan muatan kapal tanker yang bersandar.

Dari *redesign* yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa penambahan *horizontal tie-braces* pada elevasi (+) 4.65 meter, elevasi (+) 0.00 meter, dan elevasi (-) 6.00 meter dan *diagonal tie-braces* antara elevasi (+) 4.65 meter sampai (+) 0.00 meter, dan antara elevasi (+) 0.00 meter sampai (-) 6.00 meter (seperti pada awal BAB 4) berhasil membuat struktur aman untuk tetap beroperasi. Konfigurasi *tie-braces* yang dipilih dalam *redesign* disini adalah dengan lebih banyak menggunakan tipe X- *braces* pada *horizontal* dan *diagonal braces*-nya (Gambar 4.1 dan Gambar 4.2) dengan dimensi *tie-braces* antara 32.39 cm sampai 50.8 cm untuk diameter luarnya dan antara 1.27 cm sampai 1.91 cm untuk tebal dinding *braces*-nya.

Dari analisis *inplace* pada kondisi operasi (periode ulang 5 tahun) yang dilakukan terhadap *existing breasting dolphin* dengan tambahan *tie-braces* diketahui bahwa UC maksimum yang dimiliki struktur pada defleksi maksimum-nya adalah 5.32 cm, pada *member stress check* adalah 0.46 dan pada *joint punching shear stress check* adalah 1.50, dan total *self weight* struktur adalah 2586 kN.

Dari *redesign* yang telah dilakukan terhadap struktur *breasting dolphin* menunjukkan bahwa tidak adanya kriteria optimasi yang diberikan ketika mendesain struktur. Padahal seperti yang sudah dijelaskan pada BAB 1 bahwa tahap awal (desain) merupakan tahap yang paling penting karena merupakan penentu keberhasilan struktur menjalankan fungsinya. Tahap ini menentukan bentuk (konfigurasi), ukuran (dimensi), dan tipe material struktur yang memberikan peluang penghematan terbesar dibanding tahap selanjutnya.

Jadi dapat disimpulkan bahwa *existing breasting dolphin* dengan tambahan *tie-braces* mengalami *overdesign* (kurang optimal) sehingga Tugas Akhir ini mencoba menyempurnakannya dengan memberikan kriteria optimasi dalam mendesain ulang penguatan struktur *breasting dolphin* pada tipe bentuk (konfigurasi) dan dimensi *tie-braces*-nya. Pada Tugas Akhir ini didapat tipe bentuk (konfigurasi) yang optimal adalah tipe V dan X – *braces* dengan diameter luar 35.56 cm dan tebal dinding 1.91 cm. Total *self weight* yang dimiliki struktur *breasting dolphin* menjadi 2558.38 kN, defleksi maksimum-nya adalah 6.53 cm, UC maksimum *member* struktur 0.48, dan UC maksimum *joint punching shear* struktur 1.00 (detail *redesign breasting dolphin* ditunjukkan pada Lampiran B).

Tabel 4.13 berikut menunjukkan perbedaan hasil analisis antara *existing breasting dolphin* (penguatan tahun 2014) dengan *redesign breasting dolphin* (analisis optimasi) yang dilakukan penulis:

Tabel 4.13 Perbandingan *Existing BD* dengan *Redesign BD*

Keterangan	<i>Existing</i>	<i>Redesign</i>
<i>Self Weight</i> (kN)	2586	2558
<i>Maximum Joint Deflection</i> (cm)	5.32	6.53
<i>Maximum Member Stress</i> (UC)	0.46	0.48
<i>Maximum Joint Punching Shear</i> (UC)	1.50	1.00
Ukuran Diameter Luar <i>Tie-Braces</i> (cm)	32.39 – 50.8	35.56
Ukuran Tebal Dinding <i>Tie-Braces</i> (cm)	1.27 – 1.91	1.91
Jumlah <i>Tie-Braces</i> (buah)	46	28

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis tentang optimasi desain *tie-braces* struktur *breasting dolphin* yang sudah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dimensi *tie-braces* yang optimal pada desain penguatan struktur *breasting dolphin* pada terminal *oil/condensat* di Selat Berhala milik Petrochina International Jabung Ltd adalah 35.56 cm untuk diameter luarnya dan 1.91 cm untuk tebal dindingnya dengan tipe bentuk (konfigurasi) V dan X-*braces*.
2. Berat struktur optimal setelah adanya optimasi pada desain penguatan struktur *breasting dolphin* pada terminal *oil/condensat* di Selat Berhala milik Petrochina International Jabung Ltd adalah 2558 kN dengan defleksi maksimumnya adalah 6.53 cm, UC maksimum *member* struktur 0.48, dan UC maksimum *joint punching shear* struktur 1.00.

5.2 Saran

Berikut merupakan saran untuk penelitian selanjutnya dengan topik serupa:

1. Perlu dilakukan analisis optimasi terhadap pemilihan *tie-braces* dengan dimensi yang berbeda dalam satu struktur *breasting dolphin* atau struktur lepas pantai terpancang
2. Perlu dilakukan analisis kelelahan untuk mengetahui umur operasi struktur setelah adanya optimasi pada desain (pemilihan konfigurasi dan dimensi) *tie-braces*.

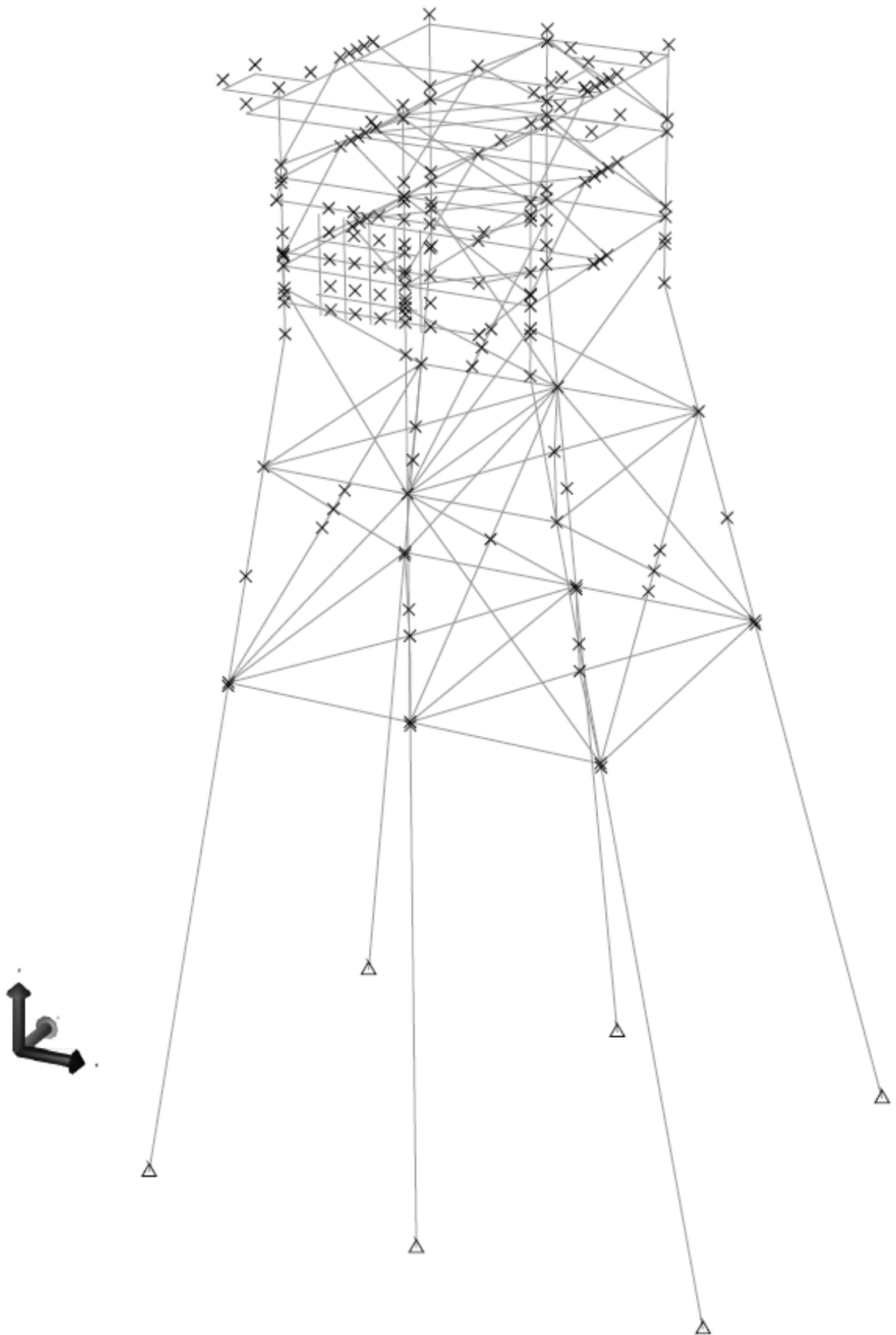
DAFTAR PUSTAKA

- AISC, 1994, *Manual for Steel Construction: Allowable Stress Design 9th Edition*. American Institute of Steel Construction, Inc. Chicago.
- American Petroleum Institute, 2010, *Recommended Practice For Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platform-Working Stress Design*, API Recommended Practice 2A (RP 2A) WSD, Washington, DC.
- American Petroleum Institute 5L, 2004, *Specification for Line Pipe*, Washington, DC.
- Azmi, Fatih. 2016. *Analisa Resiko Keruntuhan Struktur Breasting Dolphin Akibat Penambahan DWT Kapal Tanker*. Program Studi Teknik Kelautan ITS. Surabaya.
- BCD3-90-49-MOR-1-001-01, 2015, *Condensate Terminal Layout*, PT ZEE Indonesia. Tangerang.
- Bruijn, E. 2004. *Plastic Design of Breasting Dolphin*. Delf University of Technology.
- Chakrabarti, S.K. 2005. *Handbook of Offshore Engineering*, Elsevier, Oxford. (book)
- Google Earth. 2016. *Petrochina Marine Terminal, Selat Berhala, Jambi*. [Http://www.earthgoogle.com](http://www.earthgoogle.com).
- Irfan, Muhammad. 2012. *Pelatihan Analisa In-place Menggunakan SACS 5.2*. Program Studi Teknik Kelautan ITS. Surabaya
- McClelland, Bramlette, 1986, *Planning and Design of Fixed Offshore Platform*. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Nugraha, A, W. 2009. *Studi Optimasi Desain Mooring Tower untuk Terminal FSO di Laut Jawa*. Program Studi Teknik Kelautan ITS. Surabaya
- Rosyid, D, M. 2009, *Optimasi : Teknik Pengambilan Keputusan secara Kuantitatif*. Program Studi Teknik Kelautan ITS. Surabaya
- T026-ZR-2001. 2014. *In-place Analysis for Dolphin Platform*. PT Encona Ini Industri. Jakarta

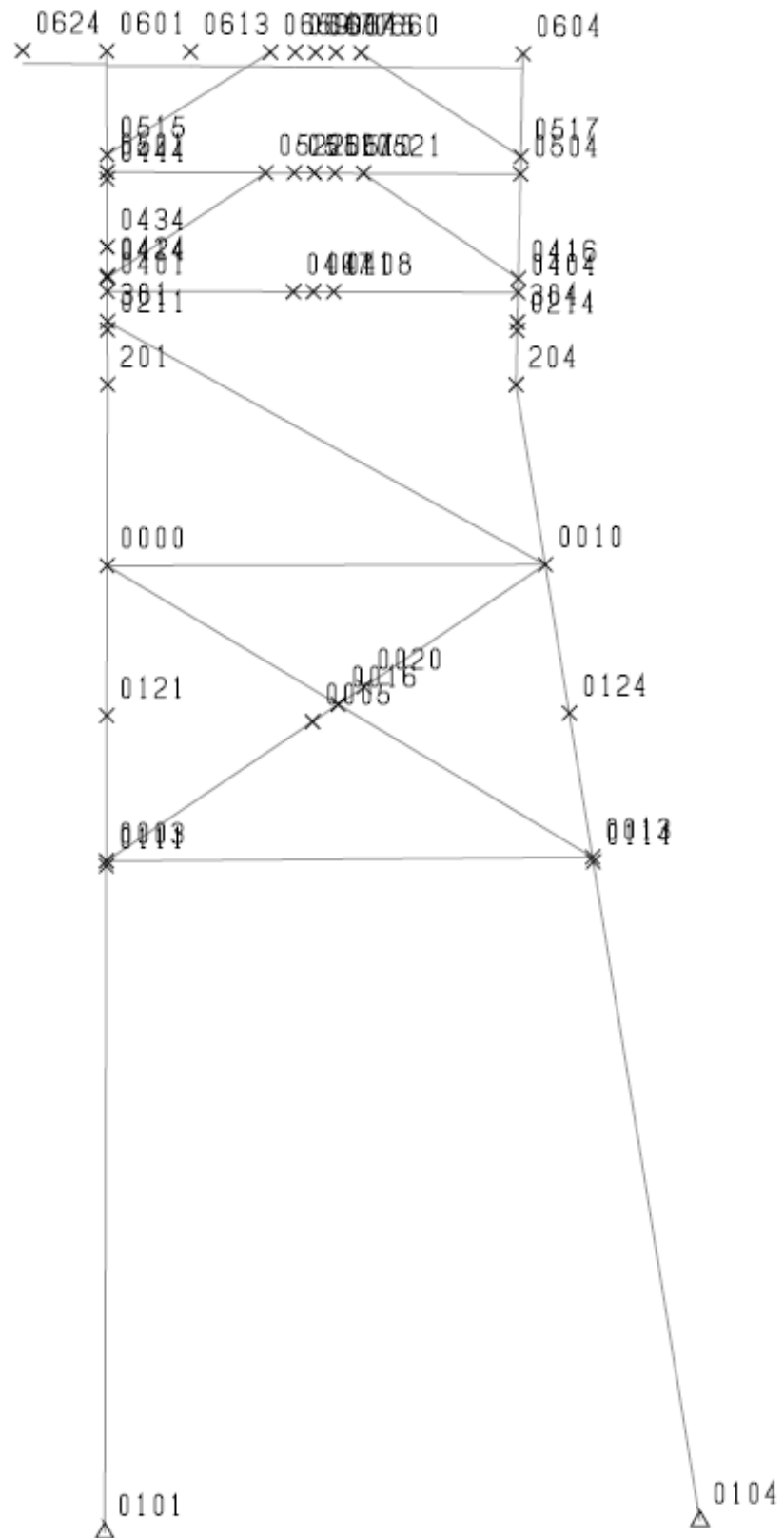
- Tifani, Efan. 2013. *Tinjauan Perencanaan Konstruksi Breasting dolphin pada Pelabuhan Tanker Minyak Pertamina Sungai Pakning, Kabupaten Bengkalis*. Program Studi Teknik Sipil Politeknik Bengkalis. Riau.
- Triatmojo, Bambang. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset. Yogyakarta.

LAMPIRAN A
EXISTING BREASTING DOLPHIN
A1. SACS MODEL

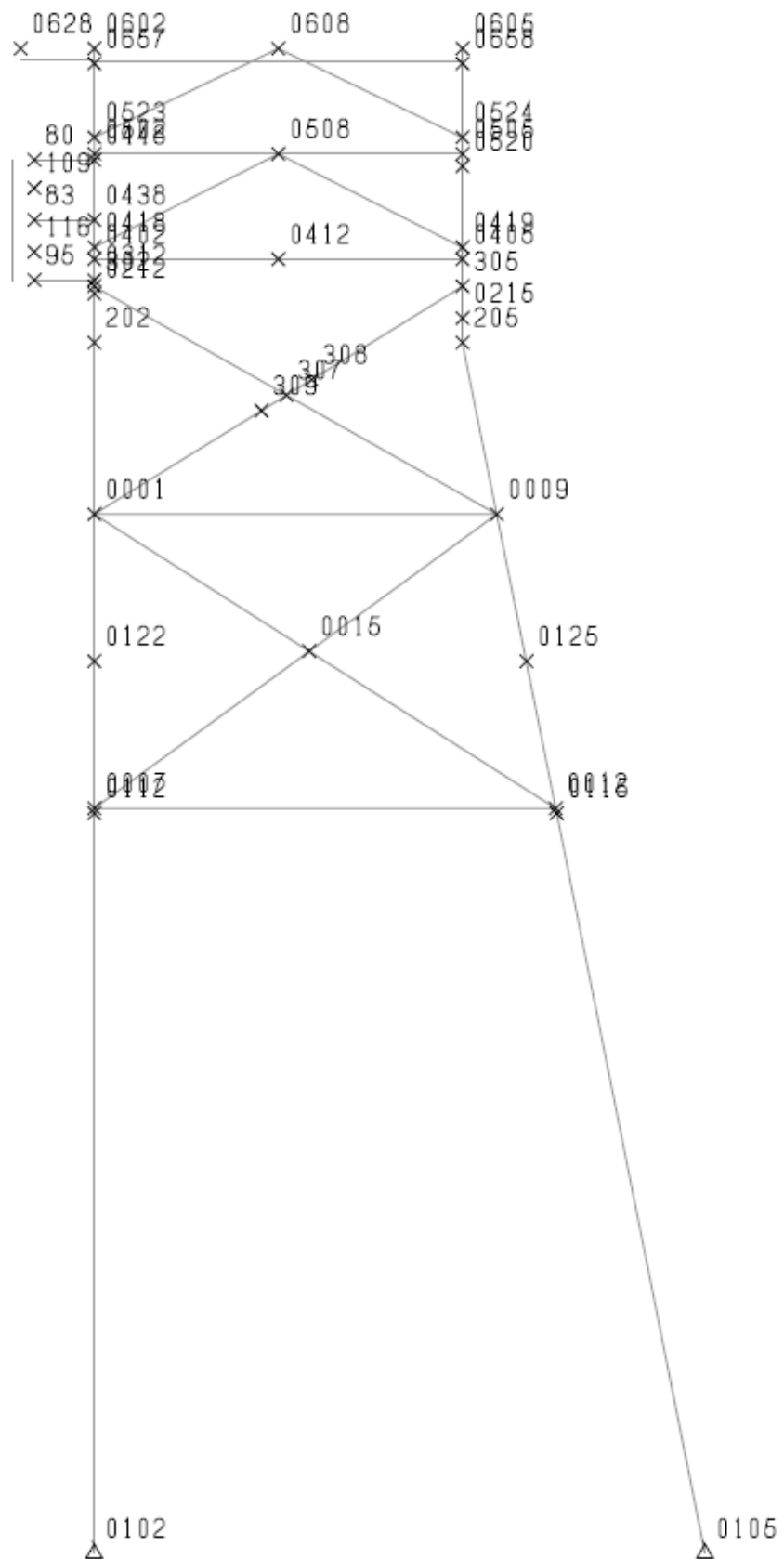
ISOMETRIC



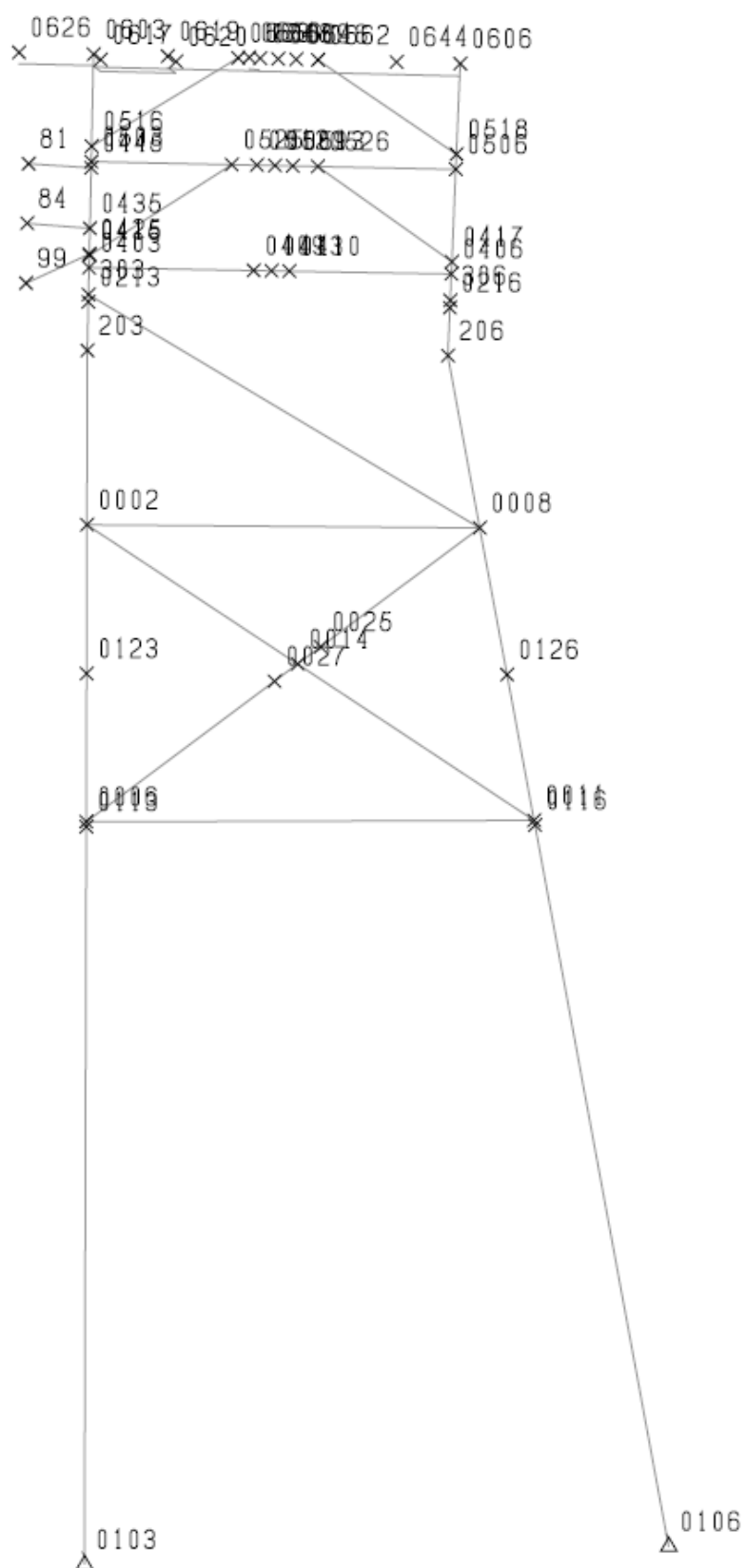
ROW 1



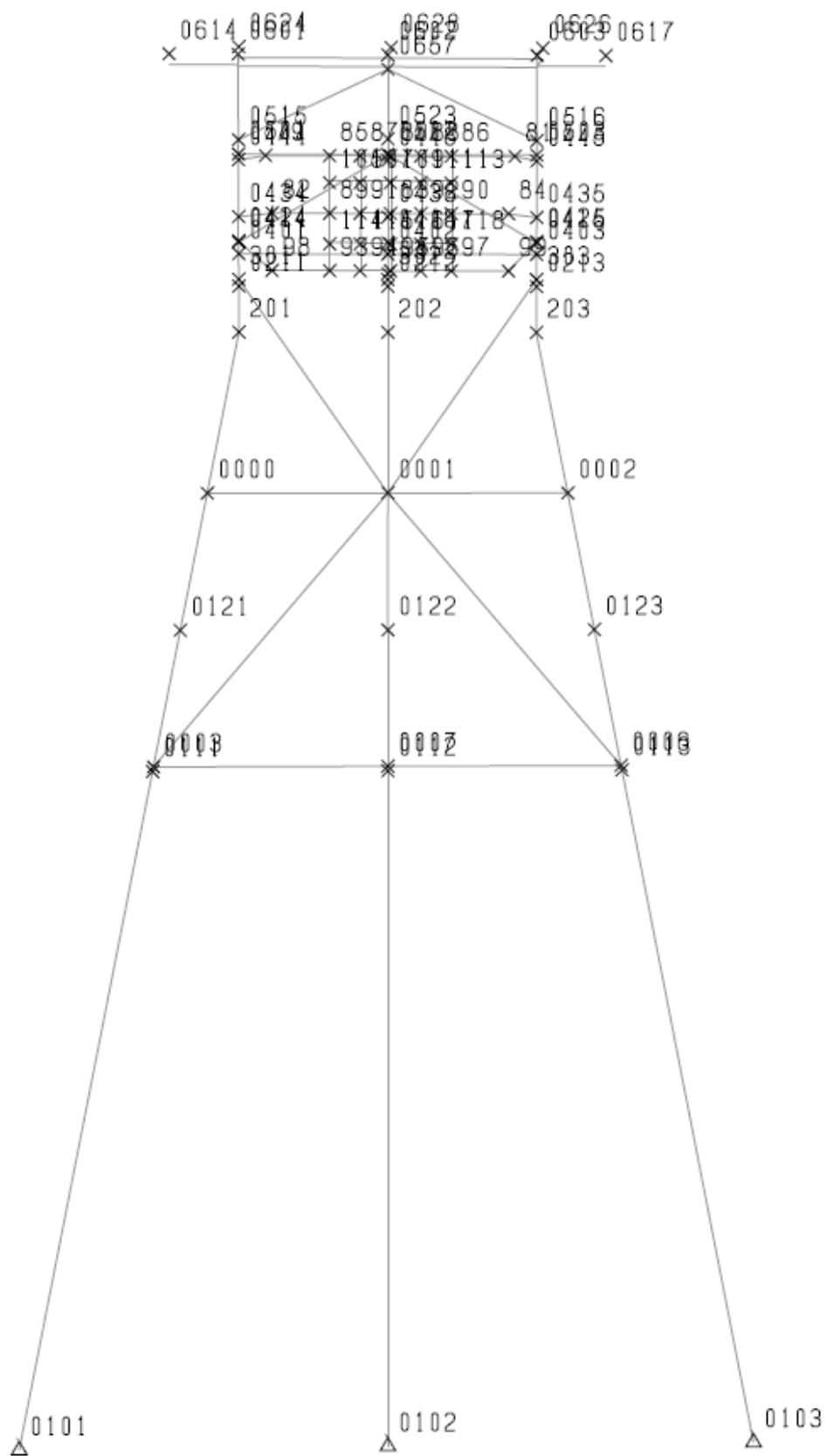
ROW 2



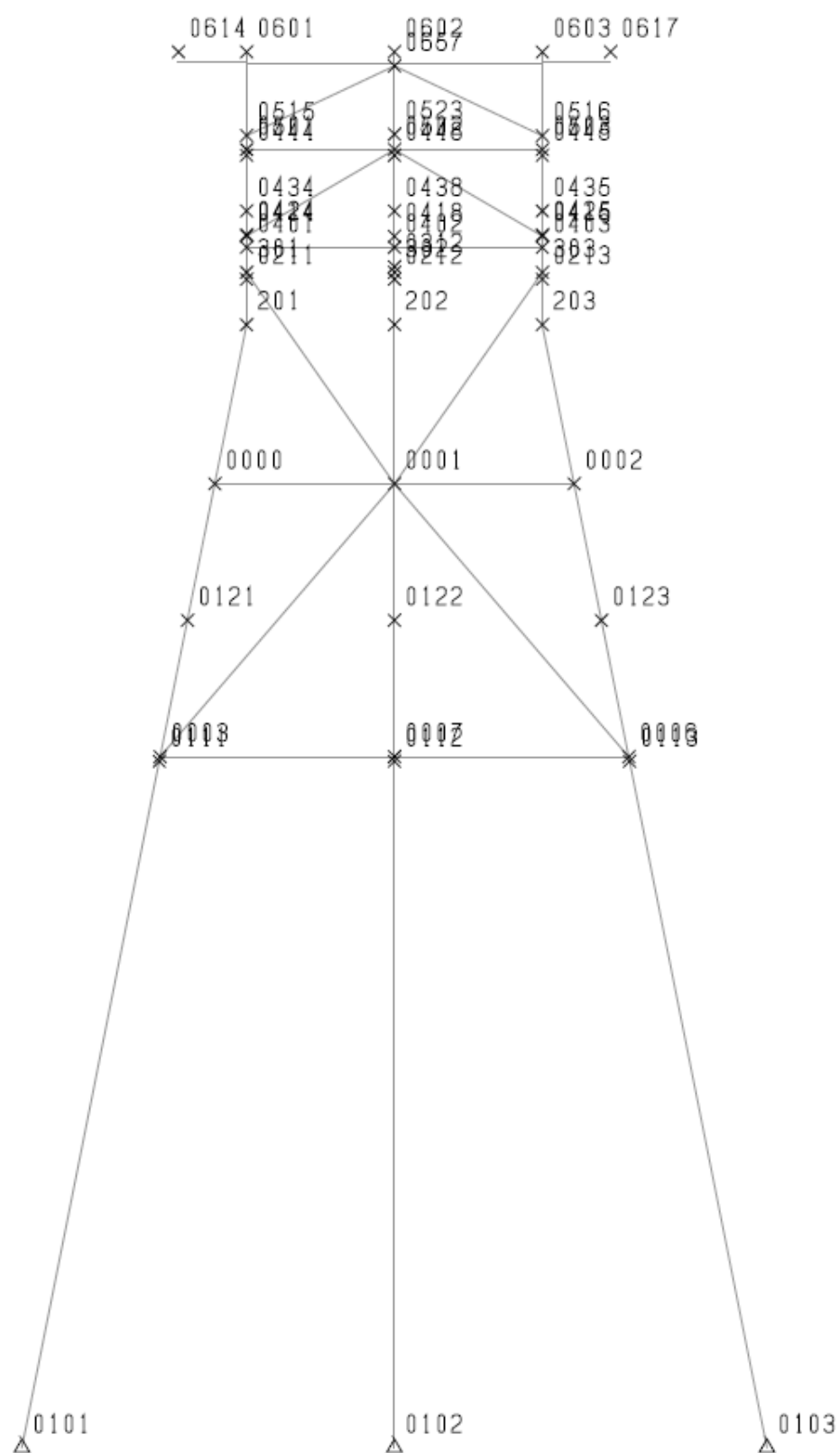
ROW 3



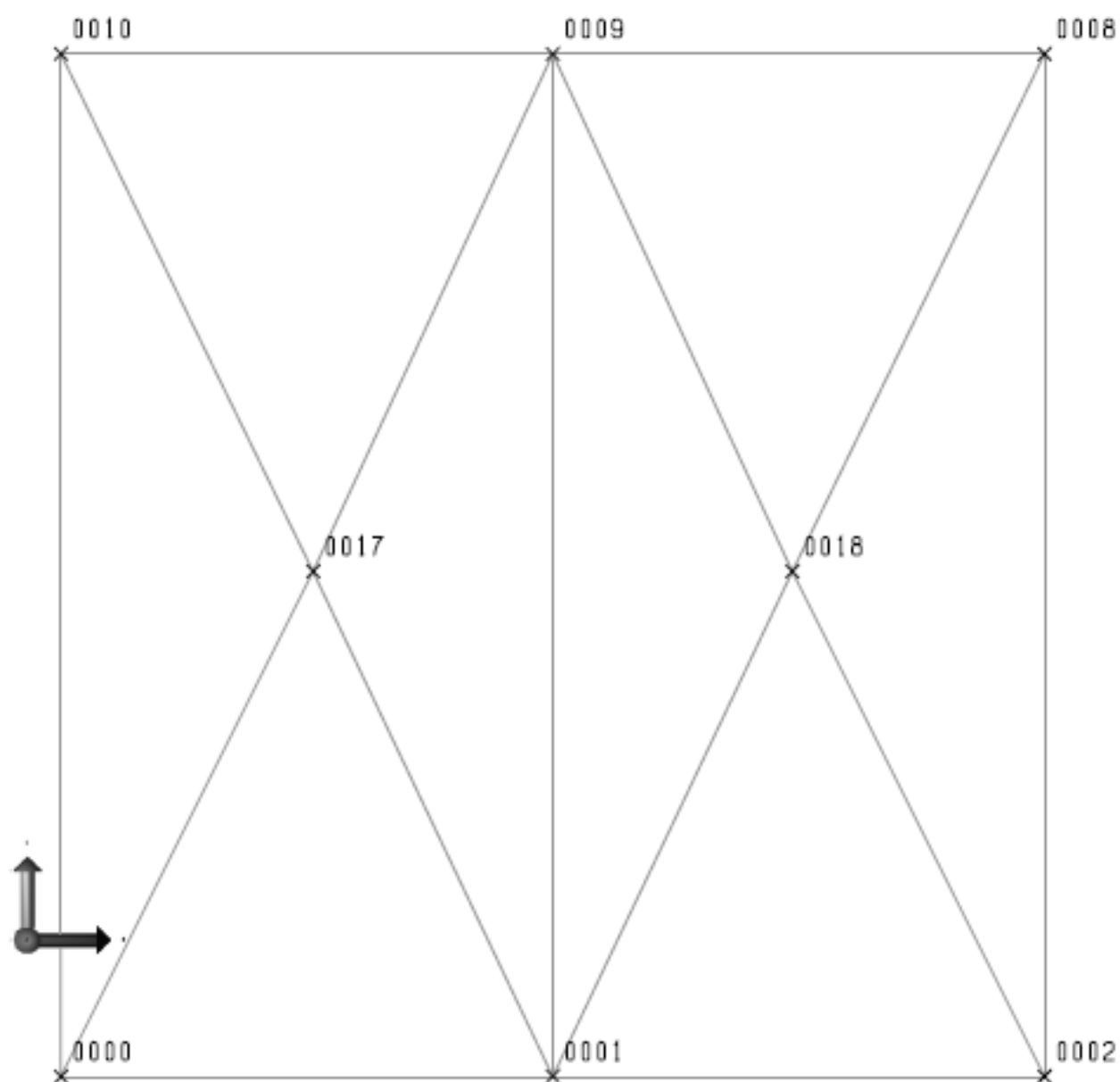
ROW A



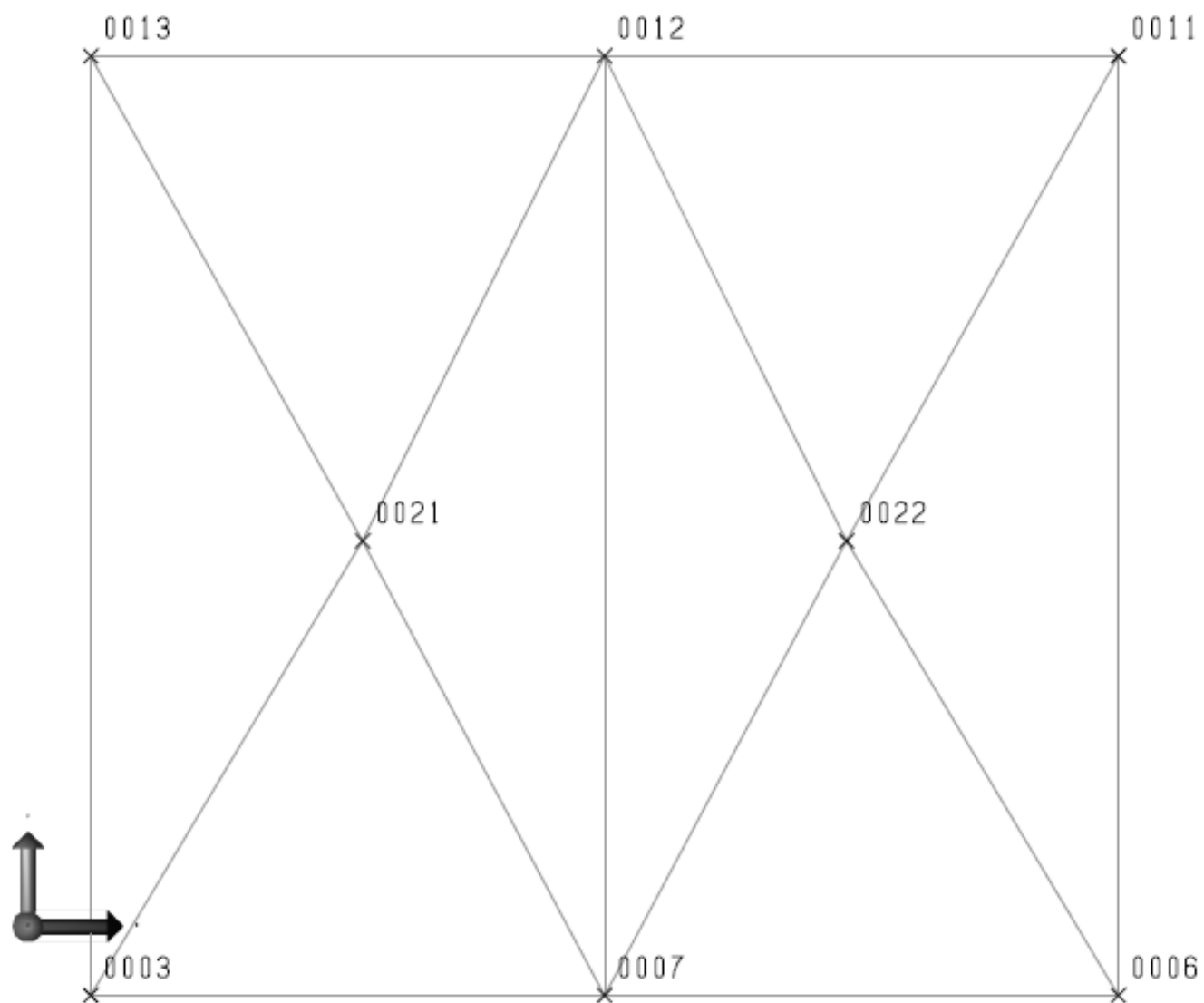
ROW B



PLAN AT Z = 0.00 METER



PLAN AT Z = - 6.00 METER



LAMPIRAN A
EXISTING BREASTING DOLPHIN
A2. SACS INPUT

MODEL INPUT

```
LDOPT      NF+Z1.0280007.849000 -21.200  21.200GLOBMN      NPNP
K
      BD11 / BD13
OPTIONS    MN      SDUC  4  4      PTPTPT      PT
LCSEL ST   31  32  33  34  35  36  37  38
UCPART     0.7990.8001.0001.001200.0
AMOD
AMOD      31 1.000  32 1.000  33 1.000  34 1.000  35 1.000  36 1.000  37
1.000
AMOD      38 1.000
SECT
SECT H450   WF                      20.0001.40045.0000.900
SECT H400   WF                      25.0001.60040.0001.200
SECT STIFF  PRI                     40.00020.001.900
GRP
*BRACING
GRP AB1     50.800 1.270 20.008.00025.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP AB2     45.720 1.270 20.008.00025.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP AB3     35.560 1.270 20.008.00025.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP AB4     32.850 1.270 20.008.00025.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP AB5     32.385 1.587 20.008.00025.00 1    1.001.00
0.500F7.8490
GRP AB6     32.385 1.905 20.008.00025.00 1    1.001.00
0.500F7.8490
GRP AB7     35.560 1.905 20.008.00025.00 1    1.001.00
0.500F7.8490
GRP AB8     35.560 1.587 20.008.00025.00 1    1.001.00
0.500F7.8490
GRP AB9     40.640 1.587 20.008.00025.00 1    1.001.00
0.500F7.8490
GRP AC1     40.640 1.270 20.008.00025.00 1    1.001.00
0.500F7.8490
GRP AC2     32.385 1.587 20.008.00025.00 1    1.001.00
0.500F7.8490
GRP BR1     45.700 1.905 20.008.00034.50 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP BR2     45.700 1.905 20.008.00034.50 1    1.001.00    0.500
7.8490
*CELLAR DECK
GRP CD1     61.000 2.540 20.008.00035.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP CD2     50.800 2.540 20.008.00035.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP CD3     45.700 1.905 20.008.00035.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
*DECK LEG
GRP DL1     121.90 3.175 20.008.00035.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP DL2     121.90 3.175 20.008.00035.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP DL3     121.90 3.175 20.008.00035.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP DL4     121.90 3.175 20.008.00035.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP DL5     121.90 3.175 20.008.00035.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
*BERTHING DOLPHIN
GRP FD1     45.700 1.905 20.008.00024.80 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP FD2 H400      20.008.00024.80 1    1.001.00
7.84907.8490
GRP FD3 STIFF     20.008.00024.80 1    1.001.00
7.84907.8490
*MAIN DECK
GRP MD1     50.800 2.540 20.008.00035.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP MD2     45.700 1.905 20.008.00035.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP MD3 H450      20.008.00024.80 1    1.001.00
7.84907.8490
GRP MD4     32.400 1.270 20.008.00024.80 1    1.001.00    0.500
7.8490
*PILE
GRP PL1     121.90 3.175 20.008.00035.00 1    1.001.00
0.500F7.8490
GRP PL2     121.92 3.800 20.008.00035.00 1    1.001.00
0.500F7.8490
GRP PL3     115.57 3.165 20.008.00035.00 1    1.001.00
0.500F7.8490
*SUB CELLAR DECK
GRP SD1     50.800 2.540 20.008.00035.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
GRP SD2     45.700 1.905 20.008.00035.00 1    1.001.00    0.500
7.8490
MEMBER
MEMBER 307 302 AB1      000011      L    7.567.56
MEMBER 307 308 AB1      7.567.56
MEMBER 308 305 AB1      000011      7.567.56
MEMBER 309 307 AB1      7.567.56
MEMBER 0001309 AB1 000111      7.567.56
MEMBER 0008303 AB1 000111000011      L    7.567.56
MEMBER 0009307 AB1 000111      L    7.567.56
MEMBER 0010301 AB1 000111000011      L    7.567.56
MEMBER 0001301 AB2 000111000011      L    4.544.54
```

```
MEMBER 0001303 AB2 000111000011      L    4.544.54
MEMBER 0009304 AB2 000111000011      L    4.574.57
MEMBER 0009306 AB2 000111000011      L    4.574.57
MEMBER 00000001 AB3 000111000011      L
MEMBER 00010002 AB3 000111000011      L
MEMBER 00010009 AB3 000111000011      L
MEMBER 00020008 AB3 000111000011      L
MEMBER 00080009 AB3 000111000011      L
MEMBER 00090010 AB3 000111000011      L
MEMBER 00100000 AB3 000111000011      L
MEMBER 00000017 AB4 000111      L    8.198.19
MEMBER 00010017 AB4      L    8.198.19
MEMBER 00010018 AB4 000111      L    8.198.19
MEMBER 00020018 AB4 000111      L    8.198.19
MEMBER 00080018 AB4 000111      L    8.198.19
MEMBER 00090017 AB4 000111      L    8.198.19
MEMBER 00090018 AB4 000111      L    8.198.19
MEMBER 00100017 AB4      L    8.198.19
MEMBER 00010015 AB5 000111      NL    10.08.97
MEMBER 00030005 AB5 000111      NL    9.218.18
MEMBER 00050016 AB5      NL    9.218.18
MEMBER 00060027 AB5 000111      NL    9.208.18
MEMBER 00100020 AB5 000111      NL    9.218.18
MEMBER 00120015 AB5 000111      NL    10.08.97
MEMBER 00140025 AB5      NL    9.208.18
MEMBER 00200016 AB5      NL    9.218.18
MEMBER 00250008 AB5      000111      NL    9.208.18
MEMBER 00270014 AB5      NL    9.208.18
MEMBER 00030001 AB6 000111000011      NL    6.396.39
MEMBER 00060001 AB6 000111000011      NL    6.396.39
MEMBER 00110009 AB6 000111000011      NL    6.396.39
MEMBER 00130009 AB6 000111000011      NL    6.396.39
MEMBER 00030007 AB7 000111000011      NL
MEMBER 00070006 AB7 000111000011      NL
MEMBER 00120011 AB7 000111000011      NL
MEMBER 00130012 AB7 000111000011      NL
MEMBER 00030013 AB8 000111000011      NL
MEMBER 00060011 AB8 000111000011      NL
MEMBER 00070012 AB8 000111000011      NL
MEMBER 00030021 AB9 000111      NL    9.659.65
MEMBER 00060022 AB9 000111      NL    9.659.65
MEMBER 00070021 AB9 000111      NL    9.659.65
MEMBER 00070022 AB9 000111      NL    9.659.65
MEMBER 00110022 AB9 000111      NL    9.659.65
MEMBER 00120021 AB9 000111      NL    9.659.65
MEMBER 00120022 AB9 000111      NL    9.659.65
MEMBER 00130021 AB9 000111      NL    9.659.65
MEMBER 00000016 AC2 000111      NL    10.08.97
MEMBER 00110014 AC2 000111      NL    10.08.97
MEMBER 00130016 AC2 000111      NL    10.08.97
MEMBER 00140002 AC2      000111      NL    10.08.97
MEMBER 04140502 BR1      L    3.003.00
MEMBER 04140522 BR1      L    2.742.74
MEMBER 04150502 BR1      L    3.003.00
MEMBER 04150525 BR1      L    2.742.74
MEMBER 04160520 BR1      L    3.003.00
MEMBER 04160521 BR1      L    2.742.74
MEMBER 04170520 BR1      L    3.003.00
MEMBER 04170526 BR1      L    2.742.74
MEMBER 04180508 BR1      L    3.363.36
MEMBER 04190508 BR1      L    3.363.36
MEMBER 05150657 BR2      L    2.872.87
MEMBER 05150659 BR2      L    2.772.77
MEMBER 05160657 BR2      L    2.872.87
MEMBER 05160663 BR2      L    2.772.77
MEMBER 05170658 BR2      L    2.872.87
MEMBER 05170660 BR2      L    2.772.77
MEMBER 05180658 BR2      L    2.872.87
MEMBER 05180662 BR2      L    2.772.77
MEMBER 05230608 BR2      L    3.333.33
MEMBER 05240608 BR2      L    3.333.33
MEMBER 05020508 CD1      L
MEMBER 05080505 CD1      L
MEMBER 05010502 CD2      L
MEMBER 05010522 CD2      L
MEMBER 05020503 CD2      L
MEMBER 05030525 CD2      L
MEMBER 05040505 CD2      L
MEMBER 05050506 CD2      L
MEMBER 05070508 CD2      L
MEMBER 05070510 CD2      L
MEMBER 05080509 CD2      L
MEMBER 05090513 CD2      L
MEMBER 05100521 CD2      L
MEMBER 05110507 CD2      L
MEMBER 05120509 CD2      L
MEMBER 05130526 CD2      L
MEMBER 05210504 CD2      L
MEMBER 05220511 CD2      L
MEMBER 05250512 CD2      L
MEMBER 05260506 CD2      L
MEMBER 05020511 CD3      L    4.22
MEMBER 05020512 CD3      L    4.22
MEMBER 05100505 CD3      L    4.22
MEMBER 05130505 CD3      L    4.22
MEMBER 201 0211 DL1
MEMBER 202 0212 DL1
MEMBER 203 0213 DL1
```

MEMBER 204 0214	DL1		
MEMBER 205 0215	DL1		
MEMBER 206 0216	DL1		
MEMBER 0211301	DL2		
MEMBER 0212302	DL2		
MEMBER 0213303	DL2		
MEMBER 0214304	DL2		
MEMBER 0215305	DL2		
MEMBER 0216306	DL2		
MEMBER 301 0401	DL3		
MEMBER 302 0312	DL3		
MEMBER 303 0403	DL3		
MEMBER 304 0404	DL3		
MEMBER 305 0405	DL3		
MEMBER 306 0406	DL3		
MEMBER 03120402	DL3		
MEMBER 04010414	DL4		
MEMBER 04020418	DL4		
MEMBER 04030415	DL4		
MEMBER 04040416	DL4		
MEMBER 04050419	DL4		
MEMBER 04060417	DL4		
MEMBER 04140424	DL4		
MEMBER 04150425	DL4		
MEMBER 04160504	DL4		
MEMBER 04170506	DL4		
MEMBER 04180438	DL4		
MEMBER 04190520	DL4		
MEMBER 04240434	DL4		
MEMBER 04250435	DL4		
MEMBER 04340444	DL4		
MEMBER 04350445	DL4		
MEMBER 04380448	DL4		
MEMBER 04440501	DL4		
MEMBER 04450503	DL4		
MEMBER 04480502	DL4		
MEMBER 05200505	DL4		
MEMBER 05010515	DL5		
MEMBER 05020523	DL5		
MEMBER 05030516	DL5		
MEMBER 05040517	DL5		
MEMBER 05050524	DL5		
MEMBER 05060518	DL5		
MEMBER 05150601	DL5		
MEMBER 05160603	DL5		
MEMBER 05170604	DL5		
MEMBER 05180606	DL5		
MEMBER 05230657	DL5		
MEMBER 05240658	DL5		
MEMBER 06570602	DL5		
MEMBER 06580605	DL5		
MEMBER 79 85	FD1		
MEMBER 80 88	FD1	90.00	
MEMBER 80 0448	FD1		
MEMBER 81 0445	FD1		
MEMBER 82 89	FD1		
MEMBER 83 92	FD1	90.00	
MEMBER 83 0438	FD1		
MEMBER 84 0435	FD1		
MEMBER 85 87	FD1	90.00	
MEMBER 86 81	FD1		
MEMBER 87 80	FD1	90.00	
MEMBER 88 86	FD1	90.00	
MEMBER 89 91	FD1	90.00	
MEMBER 90 84	FD1		
MEMBER 91 83	FD1	90.00	
MEMBER 92 90	FD1	90.00	
MEMBER 93 94	FD1	90.00	
MEMBER 94 95	FD1	90.00	
MEMBER 95 96	FD1	90.00	
MEMBER 95 0312	FD1		
MEMBER 96 97	FD1	90.00	
MEMBER 97 99	FD1		
MEMBER 98 93	FD1		
MEMBER 98 0424	FD1		
MEMBER 99 0425	FD1		
MEMBER 043482	FD1		
MEMBER 044479	FD1		
MEMBER183 109	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER189 105	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER190 113	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER191 107	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER192 111	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER193 114	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER194 115	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER195 116	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER196 117	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER197 118	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER1105 85	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER1107 87	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70

MEMBER1109 80	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
*			
MEMBER1111 88	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER1113 86	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER1114 89	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER1115 91	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER1116 83	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER1117 92	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER1118 90	FD2		
MEMBER OFFSETS		-45.70	-45.70
MEMBER1105 107	FD3	90.00	
MEMBER OFFSETS		-62.85	-62.85
MEMBER1107 109	FD3	90.00	
MEMBER OFFSETS		-62.85	-62.85
*			
MEMBER1109 111	FD3	90.00	
MEMBER OFFSETS		-62.85	-62.85
*			
MEMBER1111 113	FD3	90.00	
MEMBER OFFSETS		-62.85	-62.85
*			
MEMBER1114 115	FD3	90.00	
MEMBER OFFSETS		-62.85	-62.85
*			
MEMBER1115 116	FD3	90.00	
MEMBER OFFSETS		-62.85	-62.85
*			
MEMBER1116 117	FD3	90.00	
MEMBER OFFSETS		-62.85	-62.85
*			
MEMBER1117 118	FD3	90.00	
MEMBER OFFSETS		-62.85	-62.85
MEMBER106010602	MD1	L 3.25	
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106010613	MD1	L 2.93	
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106020603	MD1	L 3.25	
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106070608	MD1		
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106030619	MD1	L 2.93	
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106040605	MD1	L 3.25	
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106050606	MD1	L 3.25	
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106020608	MD1		
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106070645	MD1		
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106080605	MD1		
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106080650	MD1		
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106090646	MD1		
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106130659	MD1	L 2.93	
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106190663	MD1	L 2.93	
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106440606	MD1	L 2.93	
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106450660	MD1		
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106460662	MD1		
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106470607	MD1		
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106480609	MD1		
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106500609	MD1		
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106590647	MD1		
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106600604	MD1	L 2.93	
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106620644	MD1	L 2.93	
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106630648	MD1		
MEMBER OFFSETS		-25.40	-25.40
MEMBER106020647	MD2	L 4.69	
MEMBER OFFSETS		-22.85	-22.85
MEMBER106020651	MD2	L 4.69	
MEMBER OFFSETS		-22.85	-22.85
MEMBER106490605	MD2	L 4.69	
MEMBER OFFSETS		-22.85	-22.85
*			
MEMBER106460652	MD2	L 4.691.51	
MEMBER OFFSETS		-22.85	-22.85
MEMBER106510656	MD2	L 4.69	
MEMBER OFFSETS		-22.85	-22.85
MEMBER106520649	MD2	L 4.691.34	
MEMBER OFFSETS		-22.85	-22.85
MEMBER106560648	MD2	L 4.69	
MEMBER OFFSETS		-22.85	-22.85

MEMBER106030617 MD3		
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106140601 MD3		
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106140616 MD3		
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106160613 MD3		
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106170620 MD3		
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106190620 MD3		
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106240601 MD3		
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106240628 MD3	L 3.25	
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106260603 MD3		
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106280602 MD3		
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106280626 MD3	L 3.25	
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106490644 MD3		
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106510655 MD3		
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106550650 MD3		
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106550656 MD3		
MEMBER OFFSETS	-22.50	-22.50
MEMBER106500652 MD4		
MEMBER OFFSETS	-16.20	-16.20
MEMBER 01010111 PL1		
MEMBER 01020112 PL1		
MEMBER 01040114 PL1		
MEMBER 01050115 PL1		
MEMBER 01060116 PL1		
MEMBER 00030121 PL2	L 6.116.11	
MEMBER 00060123 PL2	L 6.116.11	
MEMBER 00070122 PL2	L 6.006.00	
MEMBER 00110126 PL2	L 6.236.23	
MEMBER 00120125 PL2	L 6.116.11	
MEMBER 00130124 PL2	L 6.336.23	
MEMBER 01110003 PL2		
MEMBER 01120007 PL2		
MEMBER 01130006 PL2		
MEMBER 01140013 PL2		
MEMBER 01150012 PL2		
MEMBER 01160011 PL2		
MEMBER 0000201 PL3	L	
MEMBER 0001202 PL3	L	
MEMBER 0002203 PL3	L	
MEMBER 0008206 PL3	L	
MEMBER 0009205 PL3	L	
MEMBER 0010204 PL3	L	
MEMBER 01210000 PL3	L 6.116.11	
MEMBER 01220001 PL3	L 6.006.00	
MEMBER 01230002 PL3	L 6.116.11	
MEMBER 01240010 PL3	L 6.336.23	
MEMBER 01250009 PL3	L 6.116.11	
MEMBER 01260008 PL3	L 6.236.23	
MEMBER 04010402 SD1	L	
MEMBER 04010407 SD1	L	
MEMBER 04020403 SD1	L	
MEMBER 04020412 SD1	L	
MEMBER 04030409 SD1	L	
MEMBER 04040405 SD1	L	
MEMBER 04050406 SD1	L	
MEMBER 04070411 SD1	L	
MEMBER 04080404 SD1	L	
MEMBER 04090413 SD1	L	
MEMBER 04100406 SD1	L	
MEMBER 04110408 SD1	L	
MEMBER 04110412 SD1	L	
MEMBER 04120405 SD1	L	
MEMBER 04120413 SD1	L	
MEMBER 04130410 SD1	L	
MEMBER 04020407 SD2	L 4.22	
MEMBER 04020409 SD2	L 4.22	
MEMBER 04080405 SD2	L 4.22	
MEMBER 04100405 SD2	L 4.22	
MEMBER 01130103 PL1		
MEMBER 00070015 AC1		
MEMBER 00090015 AC1		
JOINT		
JOINT 79	-2.677 -4.971 7.225	
JOINT 80	0.000 -4.971 7.225	
JOINT 81	2.677 -4.971 7.225	
JOINT 82	-2.545 -4.971 6.000	
JOINT 83	0.000 -4.971 6.000	
JOINT 84	2.545 -4.971 6.000	
JOINT 85	-1.306 -4.971 7.225	
JOINT 86	1.306 -4.971 7.225	
JOINT 87	-0.653 -4.971 7.225	
JOINT 88	0.653 -4.971 7.225	
JOINT 89	-1.306 -4.971 6.000	
JOINT 90	1.306 -4.971 6.000	
JOINT 91	-0.653 -4.971 6.000	
JOINT 92	0.653 -4.971 6.000	
JOINT 93	-1.306 -4.971 4.775	
JOINT 94	-0.653 -4.971 4.775	
JOINT 95	0.000 -4.971 4.775	

JOINT 96	0.653 -4.971 4.775
JOINT 97	1.306 -4.971 4.775
JOINT 98	-2.545 -4.971 4.775
JOINT 99	2.545 -4.971 4.775
JOINT 105	-1.306 -4.971 6.653
JOINT 107	-0.653 -4.971 6.653
JOINT 109	0.000 -4.971 6.653
JOINT 111	0.653 -4.971 6.653
JOINT 113	1.306 -4.971 6.653
JOINT 114	-1.306 -4.971 5.347
JOINT 115	-0.653 -4.971 5.347
JOINT 116	0.000 -4.971 5.347
JOINT 117	0.653 -4.971 5.347
JOINT 118	1.306 -4.971 5.347
JOINT 201	-3.250 -3.750 3.500
JOINT 202	0.000 -3.750 3.500
JOINT 203	3.250 -3.750 3.500
JOINT 204	-3.250 3.750 3.500
JOINT 205	0.000 3.750 3.500
JOINT 206	3.250 3.750 3.500
JOINT 301	-3.250 -3.750 4.650
JOINT 302	0.000 -3.750 4.650
JOINT 303	3.250 -3.750 4.650
JOINT 304	-3.250 3.750 4.650
JOINT 305	0.000 3.750 4.650
JOINT 306	3.250 3.750 4.650
JOINT 307	0.000 0.167 2.429
JOINT 308	0.000 0.677 2.745
JOINT 309	0.000 -0.343 2.112
JOINT 0000	-3.950 -3.750 0.000
JOINT 0001	0.000 -3.750 0.000
JOINT 0002	3.950 -3.750 0.000
JOINT 0003	-5.150 -3.750 -6.000
JOINT 0005	-4.579 0.149 -3.147
JOINT 0006	5.150 -3.750 -6.000
JOINT 0007	0.000 -3.750 -6.000
JOINT 0008	3.950 4.450 0.000
JOINT 0009	0.000 4.450 0.000
JOINT 0010	-3.950 4.450 0.000
JOINT 0011	5.150 5.650 -6.000
JOINT 0012	0.000 5.650 -6.000
JOINT 0013	-5.150 5.650 -6.000
JOINT 0014	4.509 0.630 -2.795
JOINT 0015	0.000 0.630 -2.795
JOINT 0016	-4.509 0.630 -2.795
JOINT 0017	-1.925 0.300 0.000
JOINT 0018	1.925 0.300 0.000
JOINT 0020	-4.439 1.111 -2.443
JOINT 0021	-2.425 0.800 -6.000
JOINT 0022	2.425 0.800 -6.000
JOINT 0025	4.439 1.111 -2.443
JOINT 0027	4.579 0.149 -3.147
JOINT 0101	-8.190 -3.750-21.200
JOINT 0102	0.000 -3.750-21.200
JOINT 0103	8.190 -3.750-21.200
JOINT 0104	-8.190 8.690-21.200
JOINT 0105	0.000 8.690-21.200
JOINT 0106	8.190 8.690-21.200
JOINT 0111	-5.170 -3.750 -6.100
JOINT 0112	0.000 -3.750 -6.100
JOINT 0113	5.170 -3.750 -6.100
JOINT 0114	-5.170 5.670 -6.100
JOINT 0115	0.000 5.670 -6.100
JOINT 0116	5.170 5.670 -6.100
JOINT 0121	-4.550 -3.750 -3.000
JOINT 0122	0.000 -3.750 -3.000
JOINT 0123	4.550 -3.750 -3.000
JOINT 0124	-4.550 5.050 -3.000
JOINT 0125	0.000 5.050 -3.000
JOINT 0126	4.550 5.050 -3.000
JOINT 0211	-3.250 -3.750 4.500
JOINT 0212	0.000 -3.750 4.500
JOINT 0213	3.250 -3.750 4.500
JOINT 0214	-3.250 3.750 4.500
JOINT 0215	0.000 3.750 4.000
JOINT 0216	3.250 3.750 4.500
JOINT 0312	0.000 -3.750 4.775
JOINT 0401	-3.250 -3.750 5.200
JOINT 0402	0.000 -3.750 5.200
JOINT 0403	3.250 -3.750 5.200
JOINT 0404	-3.250 3.750 5.200
JOINT 0405	0.000 3.750 5.200
JOINT 0406	3.250 3.750 5.200
JOINT 0407	-3.250 -0.369 5.200
JOINT 0408	-3.250 0.369 5.200
JOINT 0409	3.250 -0.369 5.200
JOINT 0410	3.250 0.369 5.200
JOINT 0411	-3.250 0.000 5.200
JOINT 0412	0.000 0.000 5.200
JOINT 0413	3.250 0.000 5.200
JOINT 0414	-3.250 -3.750 5.451
JOINT 0415	3.250 -3.750 5.451
JOINT 0416	-3.250 3.750 5.451
JOINT 0417	3.250 3.750 5.451
JOINT 0418	0.000 -3.750 5.443
JOINT 0419	0.000 3.750 5.443
JOINT 0424	-3.250 -3.750 5.477
JOINT 0425	3.250 -3.750 5.477
JOINT 0434	-3.250 -3.750 6.000
JOINT 0435	3.250 -3.750 6.000
JOINT 0438	0.000 -3.750 6.000
JOINT 0444	-3.250 -3.750 7.225

FILEHD
FILEHD
FILEHD
FILEHD
FILEHD
FILEHD

JOINT 0445 3.250 -3.750 7.225
JOINT 0448 0.000 -3.750 7.225
JOINT 0501 -3.250 -3.750 7.350
JOINT 0502 0.000 -3.750 7.350
JOINT 0503 3.250 -3.750 7.350
JOINT 0504 -3.250 3.750 7.350
JOINT 0505 0.000 3.750 7.350
JOINT 0506 3.250 3.750 7.350
JOINT 0507 -3.250 0.000 7.350
JOINT 0508 0.000 0.000 7.350
JOINT 0509 3.250 0.000 7.350
JOINT 0510 -3.250 0.368 7.350
JOINT 0511 -3.250 -0.368 7.350
JOINT 0512 3.250 -0.368 7.350
JOINT 0513 3.250 0.368 7.350
JOINT 0515 -3.250 -3.750 7.660
JOINT 0516 3.250 -3.750 7.660
JOINT 0517 -3.250 3.750 7.660
JOINT 0518 3.250 3.750 7.660
JOINT 0520 0.000 3.750 7.099
JOINT 0521 -3.250 0.885 7.350
JOINT 0522 -3.250 -0.885 7.350
JOINT 0523 0.000 -3.750 7.688
JOINT 0524 0.000 3.750 7.688
JOINT 0525 3.250 -0.885 7.350
JOINT 0526 3.250 0.885 7.350
JOINT 0601 -3.250 -3.750 9.500
JOINT 0602 0.000 -3.750 9.500
JOINT 0603 3.250 -3.750 9.500
JOINT 0604 -3.250 3.750 9.500
JOINT 0605 0.000 3.750 9.500
JOINT 0606 3.250 3.750 9.500
JOINT 0607 -3.250 0.000 9.500
JOINT 0608 0.000 0.000 9.500
JOINT 0609 3.250 0.000 9.500
JOINT 0613 -3.250 -2.250 9.500
JOINT 0614 -4.750 -3.750 9.500
JOINT 0616 -4.750 -2.250 9.500
JOINT 0617 4.750 -3.750 9.500
JOINT 0619 3.250 -2.250 9.500
JOINT 0620 4.750 -2.250 9.500
JOINT 0624 -3.250 -5.250 9.500
JOINT 0626 3.250 -5.250 9.500
JOINT 0628 0.000 -5.250 9.500
JOINT 0644 3.250 2.432 9.500
JOINT 0645 -3.250 0.369 9.500
JOINT 0646 3.250 0.369 9.500
JOINT 0647 -3.250 -0.369 9.500
JOINT 0648 3.250 -0.369 9.500
JOINT 0649 1.267 2.432 9.500
JOINT 0650 2.200 0.000 9.500
JOINT 0651 2.200 -1.461 9.500
JOINT 0652 2.200 1.461 9.500
JOINT 0655 2.200 -0.568 9.500
JOINT 0656 3.059 -0.568 9.500
JOINT 0657 0.000 -3.750 9.190
JOINT 0658 0.000 3.750 9.190
JOINT 0659 -3.250 -0.816 9.500
JOINT 0660 -3.250 0.816 9.500
JOINT 0662 3.250 0.816 9.500
JOINT 0663 3.250 -0.816 9.500
CDM
CDM 11.40 0.650 1.600 1.050 1.200
CDM 140.00 0.650 1.600 1.050 1.200
MGROV
MGROV 0.000 24.000 5.000 2.5400-4 1.400
GRPOV
GRPOV PL1 1.251,251.251.25
F
GRPOV PL2 1.251,251.251.25
F
GRPOV PL3 1.251.251.251.25
F
LOAD
LOADCN 1
LOADLB1 SELFWEIGHT OF THE STRUCTURES
DEAD
DEAD -Z 24.000 -22.000 M
LOADCN 2
LOADLB2 NON-GENERATED DEAD LOAD
LOAD 0601 -2.5000 GLOB JOIN
PADEYE
LOAD 0603 -2.5000 GLOB JOIN
PADEYE
LOAD 0604 -2.5000 GLOB JOIN
PADEYE
LOAD 0606 -2.5000 GLOB JOIN
PADEYE
LOAD 0601 -15.000 GLOB JOIN
BOLLARD
LOAD 0603 -15.000 GLOB JOIN
BOLLARD
*
***LDS1** -3.250 9.500 9.500
3.250
***LDS2** 3.750 9.500 3.750 9.500 -0.464 -
0.464
***LDS3** 1.000 50 1 3 1 12 -2EQUPPRESGRATING
LOAD Z 06070645 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06040605 -0.4300 -0.4300 GLOB UNIF
GRATING

LOAD Z 06070608 -0.4300 -0.4300 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06080605 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06450660 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06600604 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
*
***LDS1** -3.250 -3.750 9.500 -3.750 9.500 -
3.250
***LDS2** 9.500 9.500 -0.464 -
0.464
***LDS3** 1.000 50 1 3 1 12 -2EQUPPRESGRATING
LOAD Z 06010602 -0.4300 -0.4300 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06010613 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06470607 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06070608 -0.4300 -0.4300 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06020608 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06130659 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06590647 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
*
***LDS1** -3.250 -5.250 9.500 -5.250 9.500 -
3.250
***LDS2** -3.750 9.500 -3.750 9.500 -0.464 -
0.464
***LDS3** 1.000 50 1 3 0 12 -2EQUPPRESGRATING
LOAD Z 06010602 -0.3400 -0.3400 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06240628 -0.3400 -0.3400 GLOB UNIF
GRATING
*
***LDS1** -5.250 9.500 3.250 -5.250 9.500
***LDS2** -3.750 9.500 3.250 -3.750 9.500 -0.464 -
0.464
***LDS3** 1.000 50 1 3 0 12 -2EQUPPRESGRATING
LOAD Z 06020603 -0.3400 -0.3400 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06280626 -0.3400 -0.3400 GLOB UNIF
GRATING
*
***LDS1** -4.750 -3.750 9.500 -3.250 -3.750 9.500 -
4.750
***LDS2** -2.250 9.500 -3.250 -2.250 9.500 -0.464 -
0.464
***LDS3** 1.000 50 1 3 1 12 -2EQUPPRESGRATING
LOAD Z 06010613 -0.1700 -0.1700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06140616 -0.1700 -0.1700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06160613 -0.1700 -0.1700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06140601 -0.1700 -0.1700 GLOB UNIF
GRATING
*
***LDS1** 3.250 -3.750 9.500 4.750 -3.750 9.500
3.250
***LDS2** -2.250 9.500 4.750 -2.250 9.500 -0.464 -
0.464
***LDS3** 1.000 50 1 3 1 12 -2EQUPPRESGRATING
LOAD Z 06030619 -0.1700 -0.1700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06030617 -0.1700 -0.1700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06170620 -0.1700 -0.1700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06190620 -0.1700 -0.1700 GLOB UNIF
GRATING
*
***LDS1** 9.500 9.500 3.250 9.500
***LDS2** 3.750 9.500 3.250 3.750 9.500 -0.464 -
0.464
***LDS3** 1.000 50 1 3 1 12 -2EQUPPRESGRATING
LOAD Z 06080650 -0.4300 -0.4300 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06500609 -0.4300 -0.4300 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06050606 -0.4300 -0.4300 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06080605 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06090646 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06460662 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06620644 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
LOAD Z 06440606 -0.3700 -0.3700 GLOB UNIF
GRATING
*
***LDS1** -3.750 9.500 3.250 -3.750 9.500
***LDS2** 9.500 3.250 9.500 -0.464 -
0.464
***LDS3** 1.000 50 1 3 1 12 -2EQUPPRESGRATING
LOAD Z 06020603 -0.4300 -0.4300 GLOB UNIF

LOAD	83	193.560						GLOB JOIN
BERTH-Y								
LOAD	92	193.560						GLOB JOIN
BERTH-Y								
LOAD	90	193.560						GLOB JOIN
BERTH-Y								
LOAD	116	193.560						GLOB JOIN
BERTH-Y								
LOAD	117	193.560						GLOB JOIN
BERTH-Y								
LOAD	118	193.560						GLOB JOIN
BERTH-Y								
LOADCN	11							
LOADLB11	OPERATING MIN.W.D 0 DEG.							
CURR								
CURR	0.000	0.640	0.000	1.000	NL	AWP		
CURR	2.300	0.710						
CURR	4.400	0.770						
CURR	6.500	0.800						
CURR	8.600	0.830						
CURR	10.700	0.850						
CURR	12.800	0.870						
CURR	14.900	0.880						
CURR	17.000	0.890						
CURR	19.100	0.890						
CURR	22.000	0.910						
WAVE								
WAVE1.00STOK	3.64	23.70	7.10	0.00	D	5.00	72MS10	
1L0 7								
LOADCN	12							
LOADLB12	OPERATING MAX.W.D 45 DEG.							
CURR								
CURR	0.000	0.640	45.000	1.000	NL	AWP		
CURR	2.300	0.710						
CURR	4.400	0.770						
CURR	6.500	0.800						
CURR	8.600	0.830						
CURR	10.700	0.850						
CURR	12.800	0.870						
CURR	14.900	0.880						
CURR	17.000	0.890						
CURR	19.100	0.890						
CURR	22.000	0.910						
WAVE								
WAVE1.00STOK	3.64	23.90	7.10	45.00	D	5.00	72MM10	
1L0 7								
LOADCN	13							
LOADLB13	OPERATING MIN.W.D 90 DEG.							
CURR								
CURR	0.000	0.640	90.000	1.000	NL	AWP		
CURR	2.300	0.710						
CURR	4.400	0.770						
CURR	6.500	0.800						
CURR	8.600	0.830						
CURR	10.700	0.850						
CURR	12.800	0.870						
CURR	14.900	0.880						
CURR	17.000	0.890						
CURR	19.100	0.890						
CURR	22.000	0.910						
WAVE								
WAVE1.00STOK	3.64	23.70	7.10	90.00	D	5.00	72MS10	
1L0 7								
LOADCN	14							
LOADLB14	OPERATING MAX.W.D 135 DEG.							
CURR								
CURR	0.000	0.640	135.000	1.000	NL	AWP		
CURR	2.300	0.710						
CURR	4.400	0.770						
CURR	6.500	0.800						
CURR	8.600	0.830						
CURR	10.700	0.850						
CURR	12.800	0.870						
CURR	14.900	0.880						
CURR	17.000	0.890						
CURR	19.100	0.890						
CURR	22.000	0.910						
WAVE								
WAVE1.00STOK	3.64	23.90	7.10	135.00	D	5.00	72MM10	
1L0 7								
LOADCN	15							
LOADLB15	OPERATING MIN.W.D 180 DEG.							
CURR								
CURR	0.000	0.640	180.000	1.000	NL	AWP		
CURR	2.300	0.710						
CURR	4.400	0.770						
CURR	6.500	0.800						
CURR	8.600	0.830						
CURR	10.700	0.850						
CURR	12.800	0.870						
CURR	14.900	0.880						
CURR	17.000	0.890						
CURR	19.100	0.890						
CURR	22.000	0.910						
WAVE								
WAVE1.00STOK	3.64	23.70	7.10	180.00	D	5.00	72MS10	
1L0 7								
LOADCN	16							
LOADLB16	OPERATING MAX.W.D 225 DEG.							
CURR								
CURR	0.000	0.640	225.000	1.000	NL	AWP		
CURR	2.300	0.710						

CURR	4.400	0.770						
CURR	6.500	0.800						
CURR	8.600	0.830						
CURR	10.700	0.850						
CURR	12.800	0.870						
CURR	14.900	0.880						
CURR	17.000	0.890						
CURR	19.100	0.890						
CURR	22.000	0.910						
WAVE								
WAVE1.00STOK	3.64	23.90	7.10	225.00	D	5.00	72MM10	
1L0 7								
LOADCN	17							
LOADLB17	OPERATING MIN.W.D 270 DEG.							
CURR								
CURR	0.000	0.640	270.000	1.000	NL	AWP		
CURR	2.300	0.710						
CURR	4.400	0.770						
CURR	6.500	0.800						
CURR	8.600	0.830						
CURR	10.700	0.850						
CURR	12.800	0.870						
CURR	14.900	0.880						
CURR	17.000	0.890						
CURR	19.100	0.890						
CURR	22.000	0.910						
WAVE								
WAVE1.00STOK	3.64	23.70	7.10	270.00	D	5.00	72MS10	
1L0 7								
LOADCN	18							
LOADLB18	OPERATING MAX.W.D 315 DEG.							
CURR								
CURR	0.000	0.640	315.000	1.000	NL	AWP		
CURR	2.300	0.710						
CURR	4.400	0.770						
CURR	6.500	0.800						
CURR	8.600	0.830						
CURR	10.700	0.850						
CURR	12.800	0.870						
CURR	14.900	0.880						
CURR	17.000	0.890						
CURR	19.100	0.890						
CURR	22.000	0.910						
WAVE								
WAVE1.00STOK	3.64	23.90	7.10	315.00	D	5.00	72MM10	
1L0 7								
LOADCN	21							
LOADLB21	STORM MIN.W.D 0 DEG.							
CURR								
CURR	0.000	0.640	0.000	1.000	NL	AWP		
CURR	2.300	0.740						
CURR	4.400	0.810						
CURR	6.500	0.870						
CURR	8.600	0.910						
CURR	10.700	0.930						
CURR	12.800	0.950						
CURR	14.900	0.970						
CURR	17.000	0.980						
CURR	19.100	0.990						
CURR	22.000	1.010						
WAVE								
WAVE1.00STOK	4.27	23.70	7.60	0.00	D	5.00	72MS10	
1L0 7								
LOADCN	22							
LOADLB22	STORM MAX. W.D 45 DEG.							
CURR								
CURR	0.000	0.640	45.000	1.000	NL	AWP		
CURR	2.300	0.740						
CURR	4.400	0.810						
CURR	6.500	0.870						
CURR	8.600	0.910						
CURR	10.700	0.930						
CURR	12.800	0.950						
CURR	14.900	0.970						
CURR	17.000	0.980						
CURR	19.100	0.990						
CURR	22.000	1.010						
WAVE								
WAVE1.00STOK	4.27	24.00	7.60	45.00	D	5.00	72MM10	
1L0 7								
LOADCN	23							
LOADLB23	STORM MIN. W.D 90 DEG.							
CURR								
CURR	0.000	0.640	90.000	1.000	NL	AWP		
CURR	2.300	0.740						
CURR	4.400	0.810						
CURR	6.500	0.870						
CURR	8.600	0.910						
CURR	10.700	0.930						
CURR	12.800	0.950						
CURR	14.900	0.970						
CURR	17.000	0.980						
CURR	19.100	0.990						
CURR	22.000	1.010						
WAVE								
WAVE1.00STOK	4.27	23.70	7.60	90.00	D	5.00	72MS10	
1L0 7								
LOADCN	24							
LOADLB24	STORM MAX. W.D 135 DEG.							
CURR								
CURR	0.000	0.640	135.000	1.000	NL	AWP		
CURR	2.300	0.740						

CURR	4.400	0.810							
CURR	6.500	0.870							
CURR	8.600	0.910							
CURR	10.700	0.930							
CURR	12.800	0.950							
CURR	14.900	0.970							
CURR	17.000	0.980							
CURR	19.100	0.990							
CURR	22.000	1.010							
WAVE									
WAVE1.00STOK	4.27	24.00	7.60	135.00	D	5.00	72MM10		
IL0 7									
LOADCN 25									
LOADLB25	STORM MIN. W.D 180 DEG.								
CURR									
CURR	0.000	0.640	180.000	1.000	NL	AWP			
CURR	2.300	0.740							
CURR	4.400	0.810							
CURR	6.500	0.870							
CURR	8.600	0.910							
CURR	10.700	0.930							
CURR	12.800	0.950							
CURR	14.900	0.970							
CURR	17.000	0.980							
CURR	19.100	0.990							
CURR	22.000	1.010							
WAVE									
WAVE1.00STOK	4.27	23.70	7.60	180.00	D	5.00	72MS10		
IL0 7									
LOADCN 26									
LOADLB26	STORM MAX. W.D 225 DEG.								
CURR									
CURR	0.000	0.640	225.000	1.000	NL	AWP			
CURR	2.300	0.740							
CURR	4.400	0.810							
CURR	6.500	0.870							
CURR	8.600	0.910							
CURR	10.700	0.930							
CURR	12.800	0.950							
CURR	14.900	0.970							
CURR	17.000	0.980							
CURR	19.100	0.990							
CURR	22.000	1.010							
WAVE									
WAVE1.00STOK	4.27	24.00	7.60	225.00	D	5.00	72MM10		
IL0 7									
LOADCN 27									
LOADLB27	STORM MIN. W.D 270 DEG.								
CURR									
CURR	0.000	0.640	270.000	1.000	NL	AWP			
CURR	2.300	0.740							
CURR	4.400	0.810							
CURR	6.500	0.870							
CURR	8.600	0.910							
CURR	10.700	0.930							
CURR	12.800	0.950							
CURR	14.900	0.970							
CURR	17.000	0.980							
CURR	19.100	0.990							
CURR	22.000	1.010							
WAVE									
WAVE1.00STOK	4.27	23.70	7.60	270.00	D	5.00	72MS10		
IL0 7									
LOADCN 28									
LOADLB28	STORM MAX. W.D 315 DEG.								
CURR									
CURR	0.000	0.640	315.000	1.000	NL	AWP			
CURR	2.300	0.740							
CURR	4.400	0.810							
CURR	6.500	0.870							
CURR	8.600	0.910							
CURR	10.700	0.930							
CURR	12.800	0.950							
CURR	14.900	0.970							
CURR	17.000	0.980							
CURR	19.100	0.990							
CURR	22.000	1.010							
WAVE									
WAVE1.00STOK	4.27	24.00	7.60	315.00	D	5.00	72MM10		
IL0 7									
LOADCN 5A									
LOADLB5A	LIVE LOAD 7.5 KN/M2								
*									
***LDS1**	-3.250		9.500	-3.250					
***LDS2**	3.750	9.500		3.750	9.500	-7.500	-		
7.500									
***LDS3**	1.000	5 0 3 1 15A	-2EQUPPRESLIVE						
LOAD Z 06070645	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06040605	-7.0313	-7.0313							
LIVE									
LOAD Z 06070608	-7.0313	-7.0313							
LIVE									
LOAD Z 06080605	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06450660	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06600604	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
*									
***LDS1**	-3.250	-3.750	9.500	-3.750	9.500	-3.250			
***LDS2**			9.500		9.500	-7.500	-		

7.500									
***LDS3**	1.000	50 1 3 1 15A	-2EQUPPRESLIVE						
LOAD Z 06010602	-7.0313	-7.0313							
LIVE									
LOAD Z 06010613	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06470607	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06070608	-7.0313	-7.0313							
LIVE									
LOAD Z 06020608	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06130659	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06590647	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
*									
***LDS1**	-4.750	-3.750	9.500	-3.250	-3.750	9.500	-		
4.750									
***LDS2**	-2.250	9.500	-3.250	-2.250	9.500	-7.500	-		
7.500									
***LDS3**	1.000	50 1 3 1 15A	-2EQUPPRESLIVE						
LOAD Z 06010613	-2.8125	-2.8125							
LIVE									
LOAD Z 06140616	-2.8125	-2.8125							
LIVE									
LOAD Z 06160613	-2.8125	-2.8125							
LIVE									
LOAD Z 06140601	-2.8125	-2.8125							
LIVE									
*									
***LDS1**	3.250	-3.750	9.500	4.750	-3.750	9.500			
3.250									
***LDS2**	-2.250	9.500	4.750	-2.250	9.500	-7.500	-		
7.500									
***LDS3**	1.000	50 1 3 1 15A	-2EQUPPRESLIVE						
LOAD Z 06030619	-2.8125	-2.8125							
LIVE									
LOAD Z 06030617	-2.8125	-2.8125							
LIVE									
LOAD Z 06170620	-2.8125	-2.8125							
LIVE									
LOAD Z 06190620	-2.8125	-2.8125							
LIVE									
*									
***LDS1**	-3.250	-5.250	9.500		-5.250	9.500	-		
3.250									
***LDS2**	-3.750	9.500		-3.750	9.500	-7.500	-		
7.500									
***LDS3**	1.000	50 1 3 0 15A	-2EQUPPRESLIVE						
LOAD Z 06010602	-5.6250	-5.6250							
LIVE									
LOAD Z 06240628	-5.6250	-5.6250							
LIVE									
*									
***LDS1**		-5.250	9.500	-3.250	-5.250	9.500			
***LDS2**	-3.750	9.500	3.250	-3.750	9.500	-7.500	-		
7.500									
***LDS3**	1.000	50 1 3 0 15A	-2EQUPPRESLIVE						
LOAD Z 06020603	-5.6250	-5.6250							
LIVE									
LOAD Z 06280626	-5.6250	-5.6250							
LIVE									
*									
***LDS1**			9.500	3.250		9.500			
***LDS2**	3.750	9.500	3.250	3.750	9.500	-0.464	-		
0.464									
***LDS3**	1.000	50 1 3 1 15A	-2EQUPPRESLIVE						
LOAD Z 06080650	-7.0313	-7.0313							
LIVE									
LOAD Z 06500609	-7.0313	-7.0313							
LIVE									
LOAD Z 06050606	-7.0313	-7.0313							
LIVE									
LOAD Z 06080605	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06090646	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06460662	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06620644	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06440606	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
*									
***LDS1**	-3.750	9.500	3.250	-3.750	9.500				
***LDS2**	9.500		3.250	9.500	-0.464	-			
0.464									
***LDS3**	1.000	50 1 3 1 15A	-2EQUPPRESLIVE						
LOAD Z 06020603	-7.0313	-7.0313							
LIVE									
LOAD Z 06020608	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06030619	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06190663	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06630648	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06480609	-6.0938	-6.0938							
LIVE									
LOAD Z 06080650	-7.0313	-7.0313							

```

LIVE
LOAD Z 06500609      -7.0313      -7.0313      GLOB UNIF
LIVE
LCOMB
LCOMB 31  1  1.13002  1.13003  1.00004  1.00005A  1.00006  0.3000
LCOMB 31 11  1.0000
LCOMB 32  1  1.13002  1.13003  1.00004  0.70705  0.70705A  1.0000
LCOMB 32  6  0.30007  0.300012  1.0000
LCOMB 33  1  1.13002  1.13003  1.00005  1.00005A  1.00007  1.0000
LCOMB 33 13  1.0000
LCOMB 34  1  1.13002  1.13003  1.00004  -0.7075  0.70705A  1.0000
LCOMB 34  6  -0.3007  0.300014  1.0000
LCOMB 35  1  1.13002  1.13003  1.00004  -1.7075A  1.00006  -0.300
LCOMB 35 15  1.0000
LCOMB 36  1  1.13002  1.13003  1.00004  -0.7075  -0.7075A  1.0000
LCOMB 36 16  1.0000
LCOMB 37  1  1.13002  1.13003  1.00005  -1.0005A  1.000017  1.0000
LCOMB 38  1  1.13002  1.13003  1.00004  0.70705  -0.7075A  1.0000
LCOMB 38 18  1.0000
END

```

PSI INPUT

```
BREASTING DOLPHIN (BD-11) PSI FILE. BOREHOLE P1/02

PSIOPT +ZMN          EX 0.00254 0.0001 20          100
7.849047
PLTRQ SD  DA  DTE RTE MTE AL  STE AS  TSE UC      DG
PLGRUP
PLGRUP PL1          121.9 3.175 20.    8. 35.80  5.308
PLGRUP PL1          121.9 2.540 20.    8. 35.80  24.0
PLGRUP PL1          121.9 3.175 20.    8. 35.80  1.5
1.167
PLGRUP PL2          121.9 3.175 20.    8. 35.80  5.601
PLGRUP PL2          121.9 2.540 20.    8. 35.80  24.0
PLGRUP PL2          121.9 3.175 20.    8. 35.80  1.5
1.167
PLGRUP PL3          121.9 3.175 20.    8. 35.80  5.9
PLGRUP PL3          121.9 2.540 20.    8. 35.80  24.0
PLGRUP PL3          121.9 3.175 20.    8. 35.80  1.5
1.167
FILE
FILE 01010111 PL1
FILE 01020112 PL2
FILE 01030113 PL1
FILE 01040114 PL3
FILE 01050115 PL1
FILE 01060116 PL3
SOIL TZAXIAL HEAD 29 13          1.333 SOL1
SOIL T-Z          SLOCSM 7          0.0          0.0348
SOIL T-Z 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
SOIL T-Z 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
SOIL T-Z          SLOCSM 7 1.0          0.0348
SOIL T-Z 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
SOIL T-Z 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
SOIL T-Z          SLOCSM 7 1.01 8.0 0.0348
SOIL T-Z 0.0 0.0 0.0028 .15 .047 .28 .07 .52 .084 .73
SOIL T-Z .093 .91 .075 1.83
SOIL T-Z          SLOCSM 7 11.0          0.0348
SOIL T-Z 0.0 0.0 0.033 .15 .056 .28 .084 .52 .010 .73
SOIL T-Z .11 .91 .089 1.83
SOIL T-Z          SLOCSM 7 12.3          0.0348
SOIL T-Z 0.0 0.0 0.044 .15 .073 .28 .11 .52 .132 .73
SOIL T-Z .146 .91 .117 1.83
SOIL T-Z          SLOCSM 7 12.990          0.0348
SOIL T-Z 0.0 0.0 .051 .15 .085 .28 .128 .52 .154 .73
SOIL T-Z .171 .91 .137 1.83
SOIL T-Z          SLOC 13 13.0          0.0348
SOIL T-Z -0.056-0.51 -0.056-0.25 -0.045-0.2 -0.034-0.15 -0.022-0.1
SOIL T-Z -0.011-0.05 0.0 0.0 0.018 .05 .036 .1 .054 .15
SOIL T-Z .072 .2 .089 .25 .089 .51
SOIL T-Z          SLOC 13 19.99          0.0348
SOIL T-Z -0.084-0.51 -0.084-0.25 -0.067-0.2 -0.05 -0.15 -0.034-0.1
SOIL T-Z -0.017-0.05 0.00 0.00 0.027 .05 .054 .1 .081 .15
SOIL T-Z .108 .2 .135 .25 .135 .51
SOIL T-Z          SLOCSM 7 20.0          0.0348
SOIL T-Z 0.0 0.0 .017 .05 .034 .10 .052 .15 .069 .20
SOIL T-Z .086 .25 .086 0.51
SOIL T-Z          SLOCSM 7 21.899          0.0348
SOIL T-Z 0.0 0.0 .017 .05 .034 .10 .052 .15 .069 .20
SOIL T-Z .086 .25 .086 0.51
SOIL T-Z          SLOCSM 7 21.9          0.0348
SOIL T-Z 0.00 0.0 .077 .15 .129 .28 .193 .52 .232 .73
SOIL T-Z .257 .91 .206 1.83
SOIL T-Z          SLOCSM 7 22.50          0.0348
SOIL T-Z 0.00 0.00 0.078 .15 .129 .28 .194 .52 .233 .73
SOIL T-Z .259 .91 .207 1.83
SOIL T-Z          SLOCSM 7 25.49          0.0348
SOIL T-Z 0.0 0.00 0.083 .15 .138 .28 .207 .52 .248 .73
SOIL T-Z .276 .91 .22 1.83
SOIL T-Z          SLOCSM 7 25.5          0.0348
SOIL T-Z 0.0 0.0 .085 .15 .141 .28 .212 .52 .254 .73
SOIL T-Z .282 .91 .226 1.83
SOIL T-Z          SLOCSM 7 27.39          0.0348
SOIL T-Z 0.0 0.0 0.173 .15 .289 .28 .433 .52 .52 .73
SOIL T-Z .577 .91 .462 1.83
SOIL T-Z          SLOC 13 27.4          0.0348
SOIL T-Z -0.148-0.51 -0.148-0.25 -0.118-0.2 -0.089-0.15 -0.059-0.1
SOIL T-Z -0.03 -0.05 0.00 0.00 0.047 .05 .095 .1 .142 .15
SOIL T-Z .189 .2 .236 .25 .236 .51
SOIL T-Z          SLOC 13 29.99          0.0348
SOIL T-Z -0.163-0.51 -0.163-0.25 -0.13 -0.2 -0.098-0.15 -0.065-0.1
SOIL T-Z -0.033-0.05 0.0 0.00 0.052 .05 .104 .1 .156 .15
SOIL T-Z .208 .2 .26 .25 .26 .51
SOIL T-Z          SLOCSM 7 30.0          0.0348
SOIL T-Z 0.0 0.0 0.017 .05 .034 .10 .052 .15 .069 .20
SOIL T-Z .086 .25 .086 0.51
SOIL T-Z          SLOCSM 7 33.09          0.0348
SOIL T-Z 0.0 0.0 0.017 .05 .034 .10 .052 .15 .069 .20
SOIL T-Z .086 .25 .086 0.51
SOIL T-Z          SLOC 13 33.1          0.0348
SOIL T-Z -0.182-0.51 -0.182-0.25 -0.146-0.2 -0.109-0.15 -0.073-0.1
SOIL T-Z -0.036-0.05 0.00 0.00 0.047 .05 .093 .1 .140 .15
SOIL T-Z .187 .2 .234 .25 .234 .51
SOIL T-Z          SLOC 13 38.79          0.0348
SOIL T-Z -0.214-0.51 -0.214-0.25 -0.171-0.2 -0.128-0.15 -0.085-0.1
SOIL T-Z -0.043-0.05 0.00 0.00 0.047 .05 .093 .1 .14 .15
SOIL T-Z .187 .2 .234 .25 .234 .51
SOIL T-Z          SLOC 13 38.8          0.0348
SOIL T-Z -0.214-0.51 -0.214-0.25 -0.171-0.2 -0.128-0.15 -0.086-0.1
SOIL T-Z -0.043-0.05 0.00 0.00 0.047 .05 .093 .1 .14 .15
```

```
SOIL T-Z          T-Z .187 .2 .234 .25 .234 .51
SOIL T-Z          SLOCSM 7 42.1          0.0348
SOIL T-Z 0.00 0.0 0.047 .05 .093 .1 .14 .15 .187 .2
SOIL T-Z .234 .25 .234 .51
SOIL T-Z          SLOCSM 7 42.99          0.0348
SOIL T-Z 0.00 0.0 0.047 .05 .093 .1 .14 .15 .187 .2
SOIL T-Z .234 .25 .234 .51
SOIL T-Z          SLOC 13 43.0          0.0348
SOIL T-Z -0.187-0.51 -0.187-0.25 -0.15 -0.2 -0.112-0.15 -0.075-0.1
SOIL T-Z -0.037-0.05 0.00 0.00 0.047 .05 .093 .1 .14 .15
SOIL T-Z .187 .2 .234 .25 .234 .51
SOIL T-Z          SLOC 13 46.49          0.0348
SOIL T-Z -0.204-0.51 -0.204-0.25 -0.163-0.2 -0.122-0.15 -0.082-0.1
SOIL T-Z -0.041-0.05 0.00 0.00 0.047 .05 .093 .1 .14 .15
SOIL T-Z .187 .2 .234 .25 .234 .51
SOIL T-Z          SLOCSM 7 46.5          0.0348
SOIL T-Z 0.00 0.0 0.108 .15 .18 .28 .27 .52 .323 .73
SOIL T-Z .359 .91 .287 1.83
SOIL T-Z          SLOCSM 7 47.99          0.0348
SOIL T-Z 0.00 0.00 0.11 .15 .183 .28 .274 .52 .329 .73
SOIL T-Z .365 .91 .292 1.83
SOIL T-Z          SLOC 13 48.0          0.0348
SOIL T-Z -0.212-0.51 -0.212-0.25 -0.169-0.2 -0.127-0.15 -0.085-0.1
SOIL T-Z -0.042-0.05 0.00 0.00 0.047 .05 .093 .1 .14 .15
SOIL T-Z .187 .2 .234 .25 .234 .51
SOIL BEARING HEAD 12 6          1.333 SOL1
SOIL BEAR          SLOC 6 30.0          0.1524
SOIL T-Z 0.0 0.0 .79 .18 1.58 1.19 2.36 3.84 2.84 6.68
SOIL T-Z 3.15 9.14
SOIL BEAR          SLOC 6 30.4          0.1524
SOIL T-Z 0.00 0.0 .79 .18 1.58 1.19 2.36 3.84 2.84 6.68
SOIL T-Z 3.15 9.14
SOIL BEAR          SLOC 6 33.1          0.1524
SOIL T-Z 0.00 0.0 .44 .18 .89 1.19 1.33 3.84 1.6 6.68
SOIL T-Z 1.77 9.14
SOIL BEAR          SLOC 6 38.8          0.1524
SOIL T-Z 0.00 0.0 .44 .18 .89 1.19 1.33 3.84 1.6 6.68
SOIL T-Z 1.77 9.14
SOIL BEAR          SLOC 6 40.5          0.1524
SOIL T-Z 0.00 0.00 .75 .18 1.5 1.19 2.25 3.84 2.7 6.68
SOIL T-Z 3.0 9.14
SOIL BEAR          SLOC 6 43.0          0.1524
SOIL T-Z 0.00 0.00 .48 .18 .95 1.19 1.43 3.84 1.71 6.68
SOIL T-Z 1.9 9.14
SOIL BEAR          SLOC 6 43.8          0.1524
SOIL T-Z 0.00 0.00 .48 .18 .95 1.19 1.43 3.84 1.71 6.68
SOIL T-Z 1.9 9.14
SOIL BEAR          SLOC 6 46.5          0.1524
SOIL T-Z 0.00 0.0 .24 .18 .47 1.19 .71 3.84 .85 6.68
SOIL T-Z .95 9.14
SOIL BEAR          SLOC 6 48.0          0.1524
SOIL T-Z 0.00 0.00 .24 .18 .47 1.19 .71 3.84 .85 6.68
SOIL T-Z .95 9.14
SOIL BEAR          SLOC 6 49.8          0.1524
SOIL T-Z 0.0 0.0 0.0 .48 .18 .95 1.19 1.43 3.84 1.71 6.68
SOIL T-Z 1.9 9.14
SOIL BEAR          SLOC 6 52.2          0.1524
SOIL T-Z 0.0 0.0 .48 .18 .95 1.19 1.43 3.84 1.71 6.68
SOIL T-Z 1.9 9.14
SOIL BEAR          SLOC 6 54.9          0.1524
SOIL T-Z 0.0 0.0 0.18 .18 .35 1.19 .53 3.84 .64 6.68
SOIL T-Z .71 9.14
SOIL LATERAL HEAD 33 YEXP91.44 1.333 SOL1
SOIL P-Y          SLOCSM 5 0.0          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
SOIL P-Y          SLOCSM 5 1.0          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
SOIL P-Y          SLOCSM 5 1.01 1.8          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .076 .35 .126 1.6 .181 4.8 .037 24.0
SOIL P-Y          SLOCSM 5 2.7          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .087 .35 .144 1.6 .208 4.8 .064 24.0
SOIL P-Y          SLOCSM 5 3.7          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 0.098 .35 .162 1.6 .234 4.8 .096 24.0
SOIL P-Y          SLOCSM 5 4.6          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .109 .35 .181 1.6 .26 4.8 .133 24.0
SOIL P-Y          SLOCSM 5 6.4          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 0.131 .35 .217 1.6 .313 4.8 .225 24.0
SOIL P-Y          SLOCSM 5 8.2          10.0
SOIL P-Y 0.00 0.00 0.153 .35 .254 1.6 .366 4.8 .338 24.0
SOIL P-Y          SLOCSM 5 8.9          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 0.161 .35 .267 1.6 .386 4.8 .386 24.0
SOIL P-Y          SLOCSM 5 10.99          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .161 .35 .267 1.6 .386 4.8 .386 24.0
SOIL P-Y          SLOCSM 5 11.0          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .163 .35 .27 1.6 .389 4.8 .389 24.0
SOIL P-Y          SLOCSM 5 12.99          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .309 .35 .512 1.6 .738 4.8 .738 24.0
SOIL P-Y          SLOCSM 5 13.0          10.0
SOIL P-Y 0.00 0.0 0.266 .38 .514 .76 .902 1.52 1.309 3.56
SOIL P-Y          SLOCSM 5 19.99          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .409 .38 .787 .76 1.377 1.52 1.975 3.5
SOIL P-Y          SLOCSM 5 20.0          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .413 .38 .817 .76 1.563 1.52 3.626 6.42
SOIL P-Y          SLOCSM 5 21.89          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .452 .38 .893 .76 1.707 1.52 3.952 6.4
SOIL P-Y          SLOCSM 5 21.9          10.0
SOIL P-Y 0.00 0.0 0.447 .25 .741 1.14 1.068 3.43 1.068
17.14
SOIL P-Y          SLOCSM 5 25.49          10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .447 .25 .741 1.14 1.068 3.43 1.068
17.14
SOIL P-Y          SLOCSM 5 25.5          10.0
```

SOIL P-Y 0.0 0.0 .455 .2 .755 .91 1.088 2.74 1.088 13.72
SOIL P-Y SLOCSM 5 27.39 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 1.233 .2 2.044 .91 2.947 2.74 2.947 13.72
SOIL P-Y SLOCSM 5 27.4 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0.566 .38 1.119 .76 2.139 1.52 4.389 6.4
SOIL P-Y SLOCSM 5 29.99 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0.619 .38 1.224 .76 2.342 1.52 4.389 6.46
SOIL P-Y SLOCSM 5 30.0 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0.62 .38 1.225 .76 2.345 1.52 4.389 6.46
SOIL P-Y SLOCSM 5 33.09 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .683 .38 1.351 .76 2.587 1.52 4.389 6.53
SOIL P-Y SLOCSM 5 33.1 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .745 .2 1.234 .91 1.78 2.74 1.78 13.72
SOIL P-Y SLOCSM 5 38.79 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .745 .2 1.234 .91 1.78 2.74 1.78 13.72
SOIL P-Y SLOCSM 5 38.8 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 1.585 .38 3.037 .76 4.389 1.52 4.389 3.43
SOIL P-Y SLOCSM 5 42.99 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 1.756 .38 3.367 .76 4.389 1.52 4.389 3.43
SOIL P-Y SLOCSM 5 43.0 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0.881 .38 1.7 .76 2.652 1.52 2.652 3.62
SOIL P-Y SLOCSM 5 46.49 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .952 .38 1.838 .76 2.652 1.52 2.652 3.65
SOIL P-Y SLOCSM 5 46.5 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0.397 .25 .658 1.14 .949 3.43 .949 17.14
SOIL P-Y SLOCSM 5 47.99 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0.397 .25 .658 1.14 .949 3.43 .949 17.14
SOIL P-Y SLOCSM 5 48.0 10.0
SOIL P-Y 0.0 0.0 .983 .38 1.9 .76 2.652 1.52 2.652 3.66
END

JOINT CAN INPUT

JCNOPT API MN 5.08 B3 C NID0.01 MAMX.6
LCSEL ST 31 32 33 34 35 36 37 38
JSLC 0601060206030604060506060607060806090645064606470648
JSLC 05010502050305040505060507050805090510051105120513
JSLC 000300070006001300120011000000010002001000090008
JSLC 301 303 304 3060021002200170018001600150014 302
RELIEF
END

LAMPIRAN A

EXISTING BREASTING DOLPHIN

A3. SACS MAXIMUM OUTPUT SUMMARY

LOAD CASE	DESCRIPTION
-----------	-------------

1	SELFWEIGHT OF THE STRUCTURES
2	NON-GENERATED DEAD LOAD
3	BRIDGE DEAD LOAD
4	BRIDGE FRICTION FX LOAD
5	BRIDGE FRICTION FY LOAD
6	BERTHING LOAD X DIR
7	BERTHING LOAD Y DIR
11	OPERATING MIN.W.D 0 DEG.
12	OPERATING MAX.W.D 45 DEG.
13	OPERATING MIN.W.D 90 DEG.
14	OPERATING MAX.W.D 135 DEG.
15	OPERATING MIN.W.D 180 DEG.
16	OPERATING MAX.W.D 225 DEG.
17	OPERATING MIN.W.D 270 DEG.
18	OPERATING MAX.W.D 315 DEG.
21	STORM MIN.W.D 0 DEG.
22	STORM MAX. W.D 45 DEG.
23	STORM MIN. W.D 90 DEG.
24	STORM MAX. W.D 135 DEG.
25	STORM MIN. W.D 180 DEG.
26	STORM MAX. W.D 225 DEG.
27	STORM MIN. W.D 270 DEG.
28	STORM MAX. W.D 315 DEG.
5A	LIVE LOAD 7.5 KN/M2

***** SEASTATE BASIC LOAD CASE SUMMARY *****
RELATIVE TO MUDLINE ELEVATION

LOAD CASE	LOAD LABEL	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	DEAD LOAD	MARINE METHOD BUOYANCY
		(KN)	(KN)	(KN)	(KN-M)	(KN-M)	(KN-M)	(KN)	(KN)
1	1	0.00	0.00	-2588.03	-1356.4	25.6	0.0	3531.94	943.91
2	2	0.00	0.00	-139.00	11.9	-67.2	0.0	0.00	0.00
3	3	0.00	-490.00	0.00	15043.0	0.0	-1592.5	0.00	0.00
4	4	73.50	0.00	0.00	0.0	2256.5	-75.8	0.00	0.00
5	5	0.00	180.00	0.00	-5526.0	0.0	585.0	0.00	0.00
6	6	774.00	0.00	0.00	0.0	21052.8	3847.6	0.00	0.00
7	7	0.00	1742.04	0.00	-47383.5	0.0	1137.6	0.00	0.00
8	11	732.79	-10.70	-2.12	174.6	11986.5	-629.6	0.00	0.00
9	12	494.80	422.04	45.41	-6604.3	8004.2	-420.6	0.00	0.00
10	13	0.00	598.92	55.45	-9277.2	0.0	0.0	0.00	0.00
11	14	-494.80	422.04	45.41	-6604.3	-8004.2	420.6	0.00	0.00
12	15	-732.79	-10.70	-2.12	174.6	-11986.5	629.6	0.00	0.00
13	16	-478.99	-427.22	-48.93	6781.2	-7823.0	418.5	0.00	0.00
14	17	0.00	-590.32	-60.76	9245.1	0.0	0.0	0.00	0.00
15	18	478.99	-427.22	-48.93	6781.2	7823.0	-418.5	0.00	0.00
16	21	955.32	-9.40	7.18	153.9	15664.3	-826.4	0.00	0.00
17	22	645.18	554.87	51.77	-8794.7	10530.3	-534.3	0.00	0.00
18	23	0.00	785.71	77.85	-12295.1	0.0	0.0	0.00	0.00
19	24	-645.18	554.87	51.77	-8794.7	-10530.3	534.3	0.00	0.00
20	25	-955.32	-9.40	7.18	153.9	-15664.3	826.4	0.00	0.00
21	26	-622.72	-555.39	-65.06	8890.5	-10232.6	526.7	0.00	0.00
22	27	0.00	-768.05	-78.72	12093.7	0.0	0.0	0.00	0.00
23	28	622.72	-555.39	-65.06	8890.5	10232.6	-526.7	0.00	0.00
24	5A	0.00	0.00	-472.50	430.3	0.0	0.0	0.00	0.00

***** MAXIMUM JOINT DEFLECTION REPORT *****

LOAD CASE	*** X-DIRECTION ***		*** Y-DIRECTION ***		*** Z-DIRECTION ***	
	JOINT	DEFLECTION CM	JOINT	DEFLECTION CM	JOINT	DEFLECTION CM
31	0016	2.6697	0123	-2.5438	0013	-0.7914
32	0005	1.9036	0006	0.9163	0614	-0.4117
33	0025	-0.0649	0126	5.2967	0011	0.7005
34	0006	-2.0877	0003	1.3708	0617	-0.4594
35	0003	-2.9246	0006	-2.9653	0011	-0.8680
36	0003	-1.6832	0006	-4.5265	0011	-0.9940
37	97	-0.6544	0006	-5.3181	0011	-0.9284
38	0013	1.8217	0006	-4.6305	0124	-0.9035

* * * M E M B E R G R O U P S U M M A R Y * * *
API RP2A 21ST/AISC 9TH

GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	* APPLIED STRESSES *			*** ALLOWABLE STRESSES ***				CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS		CM * VALUES *	
					AXIAL N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2	AXIAL N/MM2	EULER N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2		KLY M	KLZ M	Y	Z
AB1	0001- 309	36	0.31	4.0	-9.37	1.03	-5.16	34.41	34.41	187.50	187.50	C>.15A	30.3	30.3	0.85	0.85
AB2	0001- 303	35	0.15	1.4	-20.67	-0.95	0.00	138.98	1235.04	187.50	187.50	C<.15	4.5	4.5	0.85	0.85
AB3	0001-0002	35	0.09	2.0	-11.82	0.86	0.00	137.15	971.47	187.50	187.50	C<.15	3.9	3.9	0.85	0.85
AB4	0010-0017	33	0.07	0.0	-3.95	-6.77	0.10	111.51	191.71	187.50	187.50	C<.15	8.2	8.2	0.85	0.85
AB5	0012-0015	33	0.46	6.0	-42.02	-3.84	-0.01	96.95	122.43	187.50	187.50	C>.15A	10.0	9.0	0.85	0.85
AB6	0003-0001	35	0.36	4.0	-43.34	-0.51	0.00	121.45	294.05	187.50	187.50	C>.15A	6.4	6.4	0.85	0.85
AB7	0007-0006	35	0.06	2.6	-5.87	2.05	0.00	131.37	551.53	187.50	187.50	C<.15	5.1	5.1	0.85	0.85
AB8	0006-0011	35	0.06	4.7	1.54	5.90	-6.41	150.00	168.52	187.50	187.50	TN+BN	9.4	9.4	0.85	0.85
AB9	0007-0022	33	0.04	5.2	-1.77	4.59	0.21	114.05	211.19	187.50	187.50	C<.15	9.6	9.6	0.85	0.85
AC2	0011-0014	33	0.41	6.0	-38.46	-0.90	1.66	96.95	122.43	187.50	187.50	C>.15A	10.0	9.0	0.85	0.85
BR1	0415-0525	37	0.07	3.4	-8.17	-8.45	0.78	196.92	3295.07	258.75	258.75	C<.15	2.7	2.7	0.85	0.85
BR2	0516-0663	37	0.09	3.5	-11.16	-8.73	1.50	196.78	3224.08	258.75	258.75	C<.15	2.8	2.8	0.85	0.85
CD1	0502-0508	37	0.05	0.0	4.65	-7.29	0.93	210.00	3134.51	262.50	262.50	TN+BN	3.7	3.7	0.85	0.85
CD2	0503-0525	37	0.06	2.9	5.73	-9.01	0.10	210.00	3662.88	262.50	262.50	TN+BN	2.9	2.9	0.85	0.85
CD3	0502-0511	33	0.04	0.0	-4.56	-4.18	2.79	189.64	1124.44	262.50	262.50	C<.15	4.2	4.7	0.85	0.85
DL1	201-0211	35	0.05	0.0	-7.51	-0.66	-2.29	208.89	*****	253.08	253.08	C<.15	1.0	1.0	0.85	0.85
DL2	0211- 301	35	0.04	0.1	-7.41	-0.28	1.27	209.84	*****	253.08	253.08	C<.15	0.1	0.1	0.85	0.85
DL3	301-0401	35	0.05	0.5	-5.00	1.08	5.28	209.40	*****	253.08	253.08	C<.15	0.5	0.5	0.85	0.85

* * * M E M B E R G R O U P S U M M A R Y * * *
API RP2A 21ST/AISC 9TH

GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	* APPLIED STRESSES *			*** ALLOWABLE STRESSES ***				CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS		CM * VALUES *	
					AXIAL N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2	AXIAL N/MM2	EULER N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2		KL _Y M	KL _Z M	Y	Z
DL4	0448-0502	33	0.07	0.0	-2.41	-4.50	-0.38	209.87*****		253.00	253.00	SHEAR	0.1	0.1	0.85	0.85
DL5	0503-0516	37	0.03	0.0	-2.04	-0.07	0.04	209.67*****		253.00	253.00	SHEAR	0.3	0.3	0.85	0.85
FD1	83-0438	33	0.39	0.0	-25.57	2.92	-39.81	148.80*****		186.00	186.00	C>.15B	1.2	1.2	0.85	0.85
FD2	97- 118	33	0.35	0.3	-1.18	-2.17	-6.48	145.79*****		163.68	186.00	SHEAR	0.6	0.6	0.85	0.85
FD3	111- 113	34	0.42	0.7	-2.15	-57.23	-0.61	71.83	72.66	148.80	148.80	C<.15	0.7	0.7	0.85	0.85
MD1	0662-0644	37	0.10	1.6	-6.79	16.35	-0.47	200.063502.16		262.50	262.50	C<.15	2.9	1.6	0.85	0.85
MD2	0646-0652	37	0.06	0.0	7.03	4.75	-4.56	210.001124.66		262.50	262.50	TN+BN	4.7	1.5	0.85	0.85
MD3	0628-0602	31	0.16	1.5	0.01	-26.14	-0.34	148.80	910.40	163.68	186.00	TN+BN	1.5	1.5	0.85	0.85
MD4	0650-0652	37	0.06	0.0	-0.16	3.76	9.75	144.575854.31		186.00	186.00	C<.15	1.5	1.5	0.85	0.85
PL1	0105-0115	33	0.29	15.4	-12.41	-56.53	0.46	183.77	765.78	253.00	253.00	C<.15	15.4	15.4	0.85	0.85
PL2	0115-0012	33	0.24	0.1	-10.41	-48.40	0.39	209.89*****		259.81	259.81	C<.15	0.1	0.1	0.85	0.85
PL3	0125-0009	33	0.16	0.0	-8.63	-30.45	0.28	201.294360.42		255.00	255.00	C<.15	6.1	6.1	0.85	0.85
SD1	0412-0405	33	0.07	3.7	-5.25	-11.74	0.17	196.512138.01		262.50	262.50	C<.15	3.7	3.7	0.85	0.85
SD2	0402-0407	33	0.05	4.7	-6.06	0.95	-3.94	189.651124.78		262.50	262.50	C<.15	4.2	4.7	0.85	0.85
AC1	0007-0015	33	0.44	0.0	44.22	27.92	0.60	150.00	678.11	187.50	187.50	TN+BN	5.4	5.4	0.85	0.85

* * J O I N T C A N S U M M A R Y * *
(UNITY CHECK ORDER)

***** ORIGINAL ***** ***** DESIGN *****

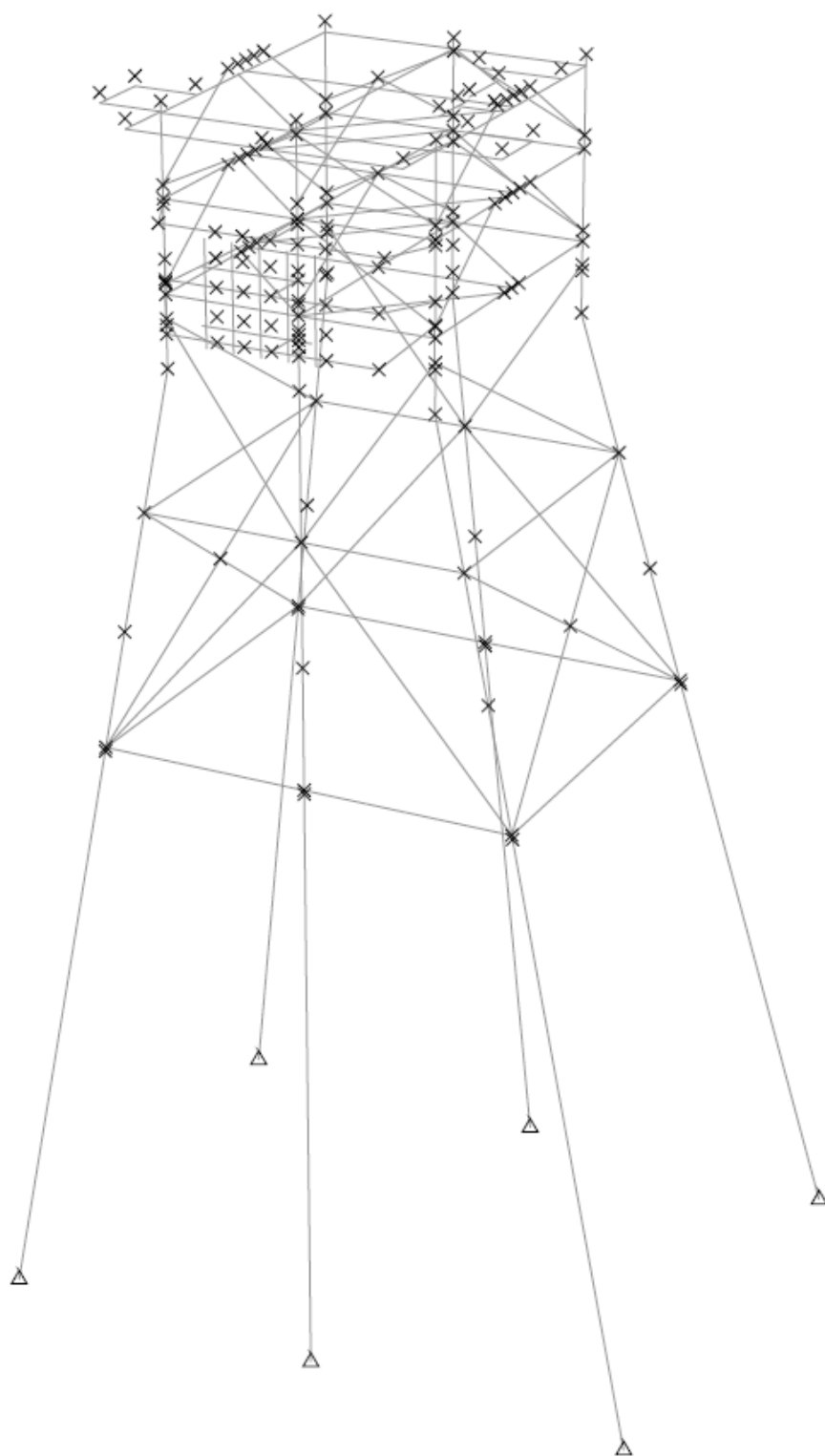
JOINT	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	UC
0015	40.640	1.270	250.000	1.503	40.640	1.270	250.000	1.503
0014	32.385	1.587	250.000	0.774	32.385	1.587	250.000	0.774
0016	32.385	1.587	250.000	0.560	32.385	1.587	250.000	0.560
0008	115.570	3.165	350.000	0.365	115.570	3.165	350.000	0.365
0010	115.570	3.165	350.000	0.332	115.570	3.165	350.000	0.332
0001	115.570	3.165	350.000	0.313	115.570	3.165	350.000	0.313
0002	115.570	3.165	350.000	0.301	115.570	3.165	350.000	0.301
0000	115.570	3.165	350.000	0.295	115.570	3.165	350.000	0.295
0009	115.570	3.165	350.000	0.276	115.570	3.165	350.000	0.276
0006	121.920	3.800	350.000	0.262	121.920	3.800	350.000	0.262
0012	121.920	3.800	350.000	0.227	121.920	3.800	350.000	0.227
0003	121.920	3.800	350.000	0.215	121.920	3.800	350.000	0.215
0011	121.920	3.800	350.000	0.208	121.920	3.800	350.000	0.208
0013	121.920	3.800	350.000	0.204	121.920	3.800	350.000	0.204
0007	121.920	3.800	350.000	0.196	121.920	3.800	350.000	0.196
002	121.900	3.175	350.000	0.125	121.900	3.175	350.000	0.125
003	121.900	3.175	350.000	0.098	121.900	3.175	350.000	0.098
0018	32.850	1.270	250.000	0.097	32.850	1.270	250.000	0.097
001	121.900	3.175	350.000	0.094	121.900	3.175	350.000	0.094
0005	121.900	3.175	350.000	0.087	121.900	3.175	350.000	0.087
0002	121.900	3.175	350.000	0.086	121.900	3.175	350.000	0.086
0017	32.850	1.270	250.000	0.085	32.850	1.270	250.000	0.085
0008	50.800	2.540	350.000	0.083	50.800	2.540	350.000	0.083
0003	121.900	3.175	350.000	0.083	121.900	3.175	350.000	0.083
0022	40.640	1.587	250.000	0.078	40.640	1.587	250.000	0.078
0002	121.900	3.175	350.000	0.076	121.900	3.175	350.000	0.076
0021	40.640	1.587	250.000	0.073	40.640	1.587	250.000	0.073
0006	121.900	3.175	350.000	0.069	121.900	3.175	350.000	0.069
0046	50.800	2.540	350.000	0.055	50.800	2.540	350.000	0.055
004	121.900	3.175	350.000	0.055	121.900	3.175	350.000	0.055
0001	121.900	3.175	350.000	0.052	121.900	3.175	350.000	0.052
0006	121.900	3.175	350.000	0.052	121.900	3.175	350.000	0.052
0005	121.900	3.175	350.000	0.047	121.900	3.175	350.000	0.047
006	121.900	3.175	350.000	0.046	121.900	3.175	350.000	0.046
0048	50.800	2.540	350.000	0.044	50.800	2.540	350.000	0.044
0004	121.900	3.175	350.000	0.042	121.900	3.175	350.000	0.042
0003	121.900	3.175	350.000	0.039	121.900	3.175	350.000	0.039
0008	61.000	2.540	350.000	0.037	61.000	2.540	350.000	0.037
0001	121.900	3.175	350.000	0.037	121.900	3.175	350.000	0.037
0004	121.900	3.175	350.000	0.037	121.900	3.175	350.000	0.037
0011	50.800	2.540	350.000	0.034	50.800	2.540	350.000	0.034
0010	50.800	2.540	350.000	0.028	50.800	2.540	350.000	0.028
0013	50.800	2.540	350.000	0.025	50.800	2.540	350.000	0.025
0012	50.800	2.540	350.000	0.024	50.800	2.540	350.000	0.024
0007	50.800	2.540	350.000	0.019	50.800	2.540	350.000	0.019
0007	50.800	2.540	350.000	0.019	50.800	2.540	350.000	0.019
0009	50.800	2.540	350.000	0.017	50.800	2.540	350.000	0.017
0047	50.800	2.540	350.000	0.017	50.800	2.540	350.000	0.017
0009	50.800	2.540	350.000	0.017	50.800	2.540	350.000	0.017

LAMPIRAN B

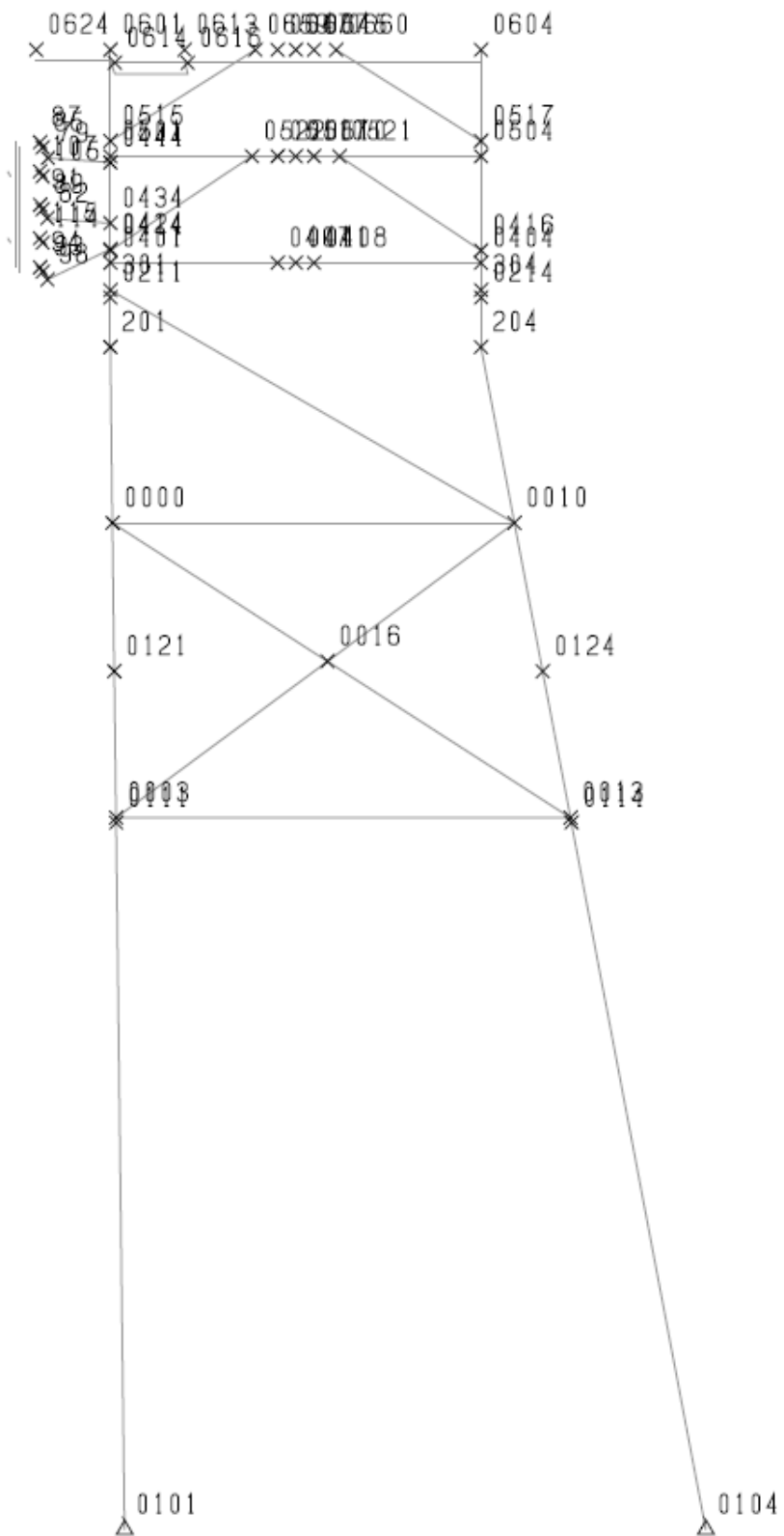
REDESIGN BREASTING DOLPHIN

B1. SACS MODEL

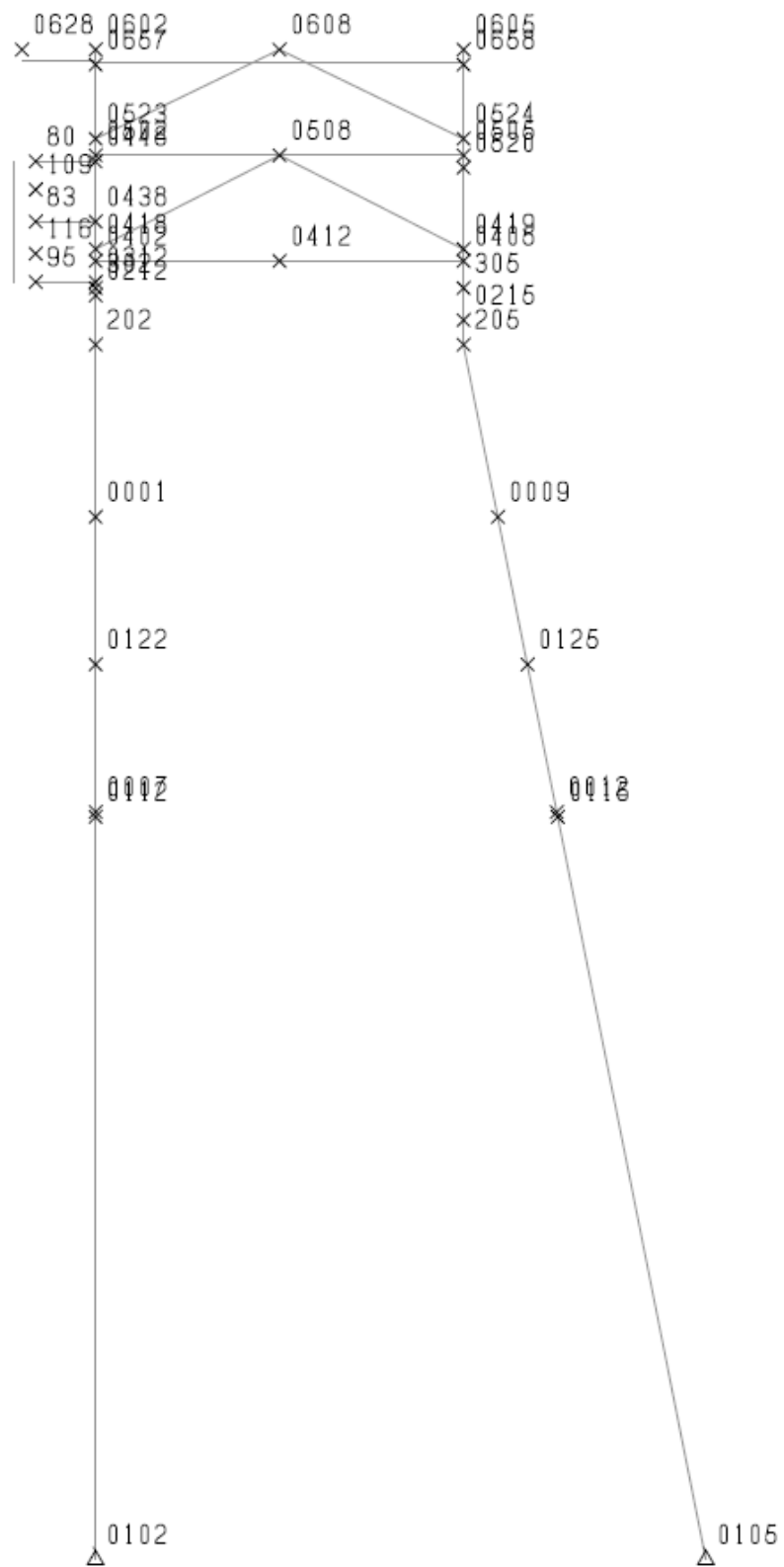
ISOMETRIC



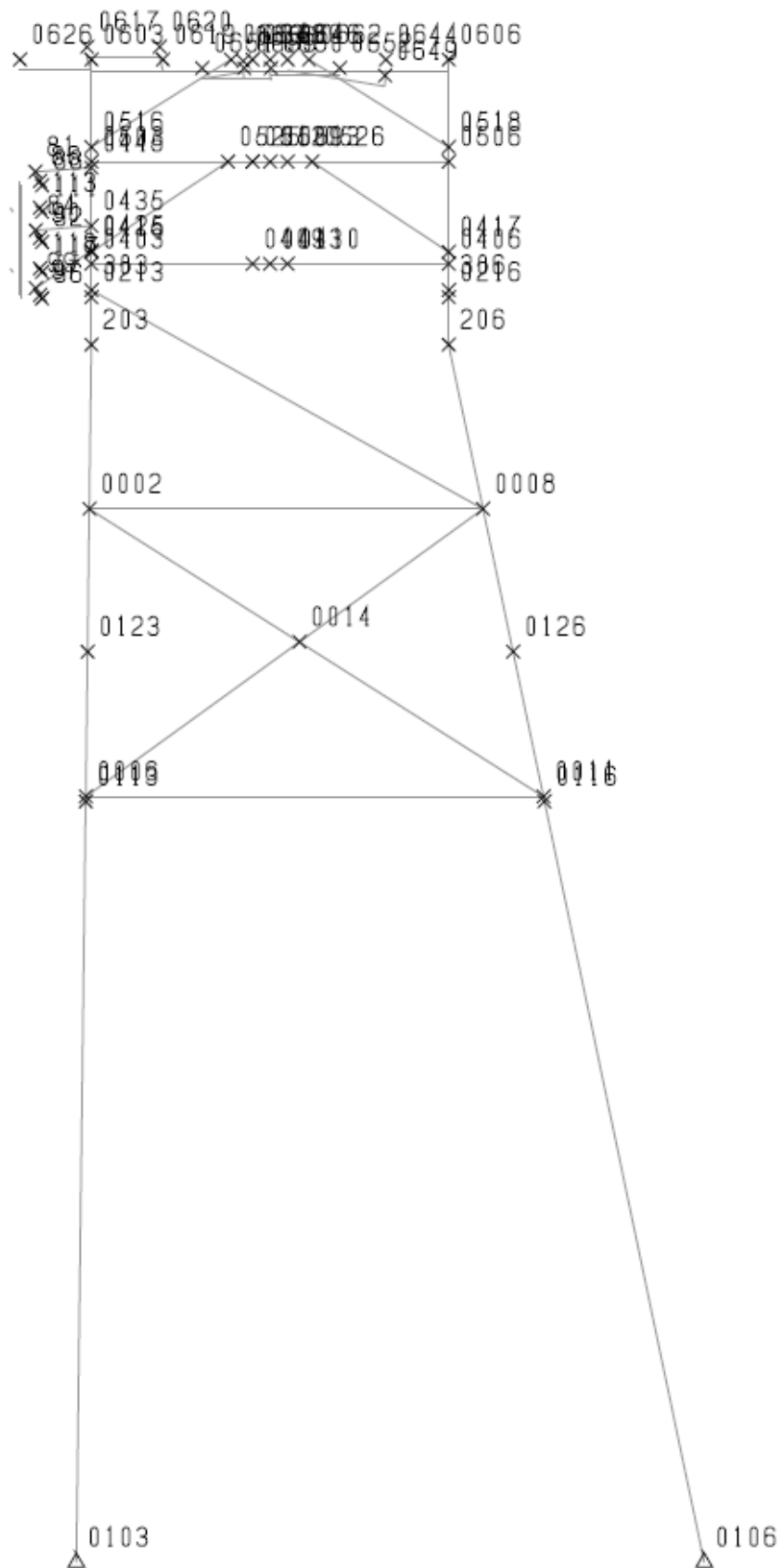
ROW 1



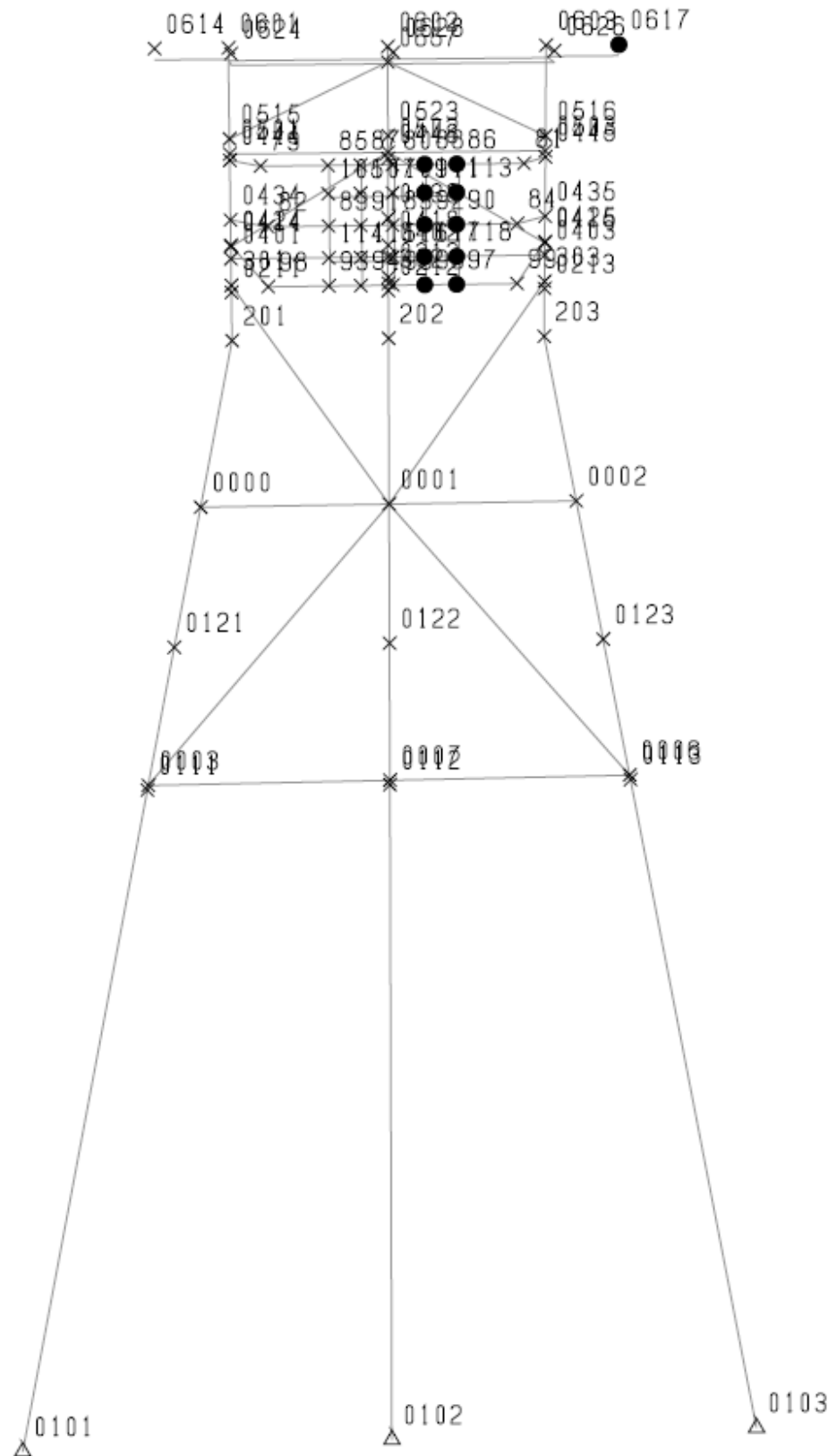
ROW 2



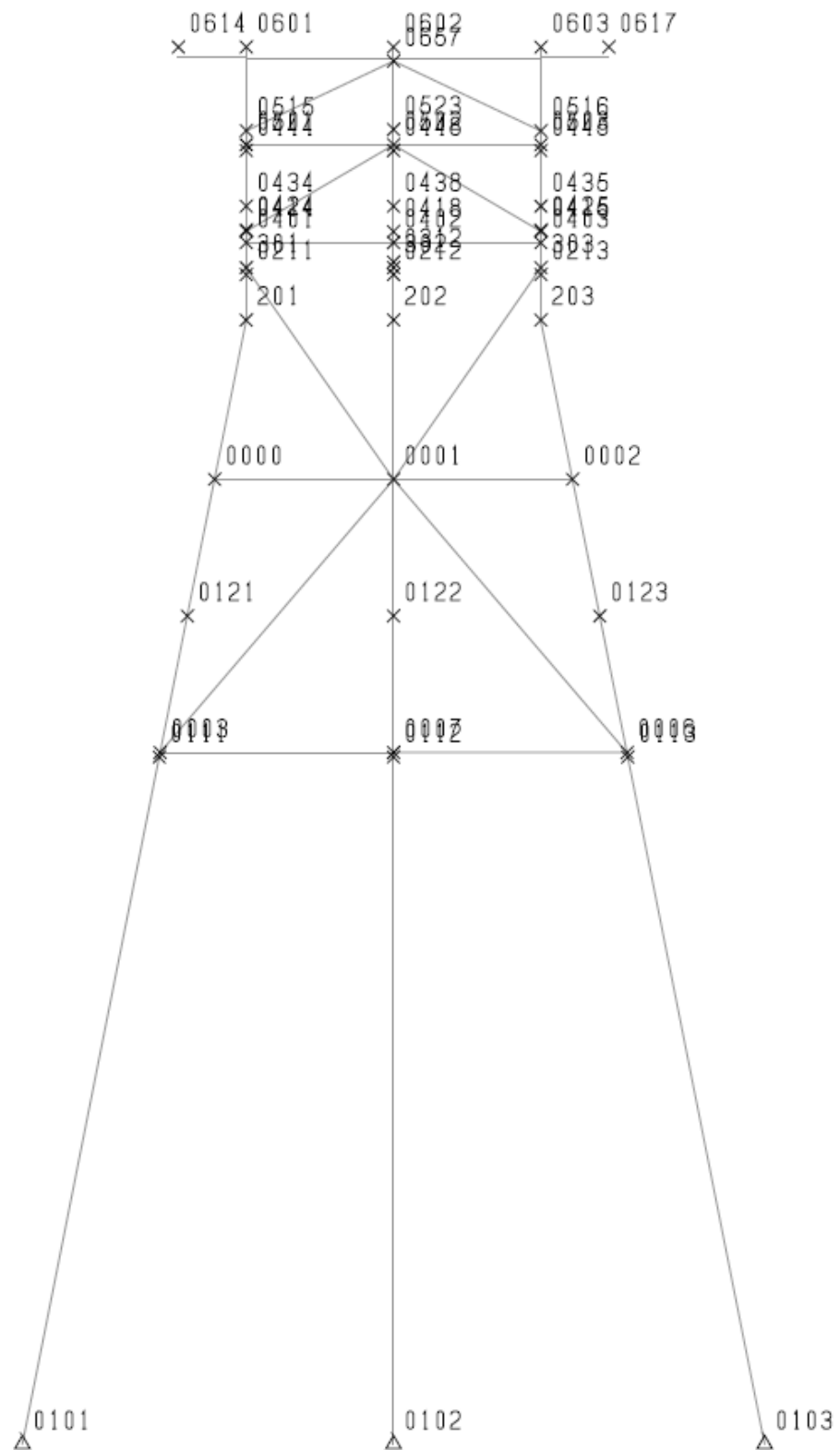
ROW 3



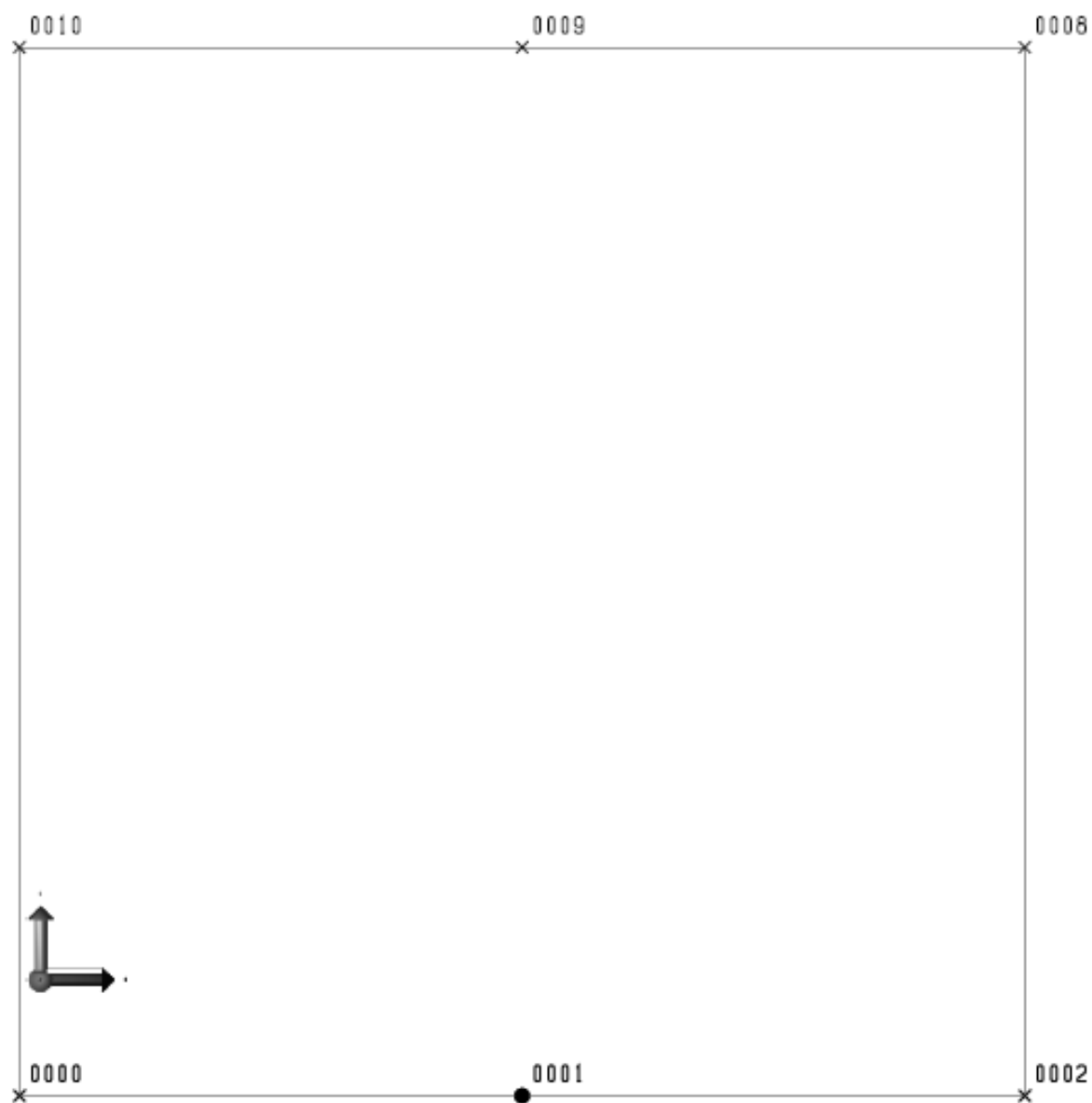
ROW A



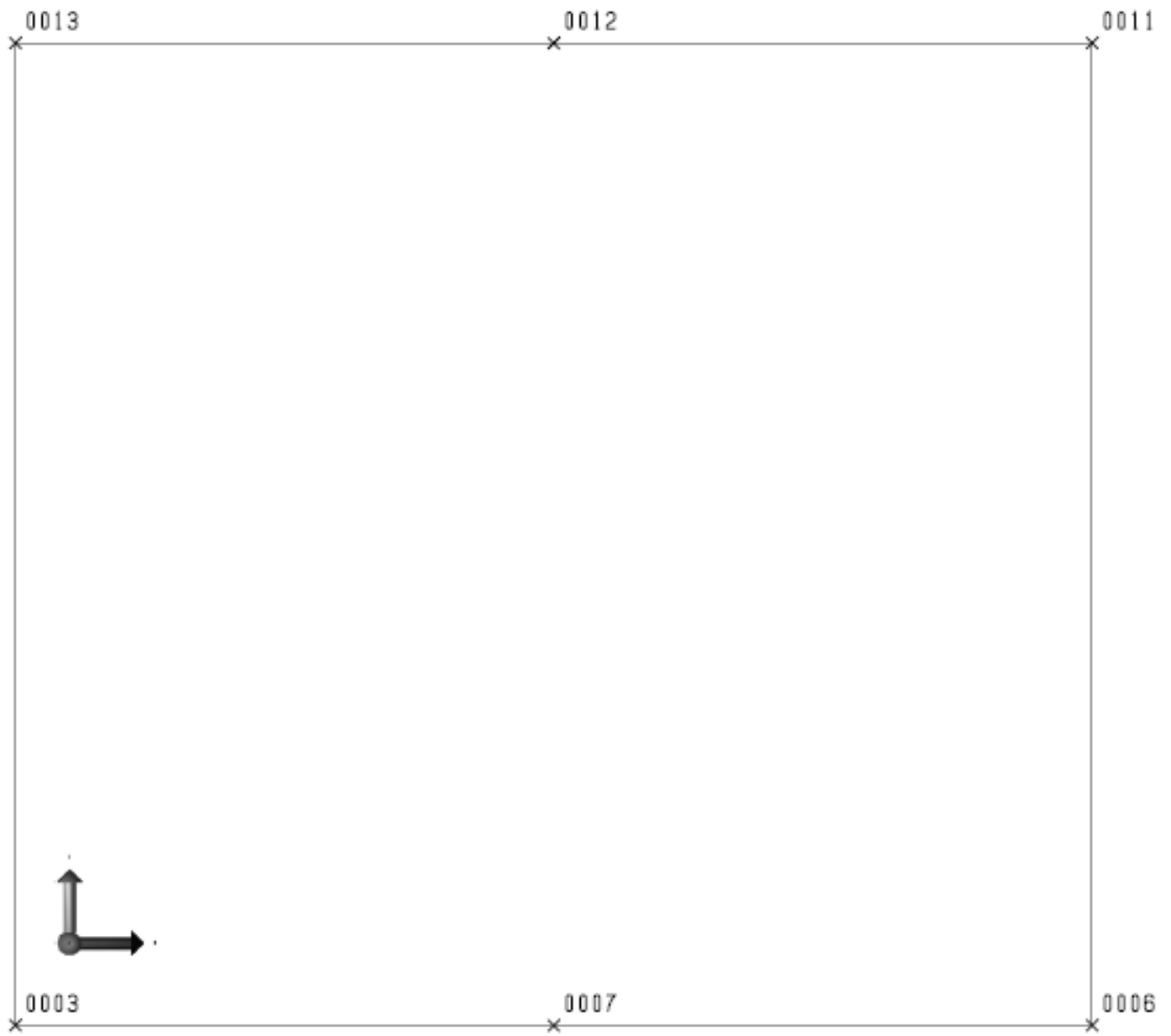
ROW B



PLAN AT Z = 0.00 METER



PLAN AT Z = - 6.00 METER



LAMPIRAN B
REDESIGN BREASTING DOLPHIN
B2. SACS INPUT

MODEL INPUT

LDOPT NF+21.0280007.849000 -21.200 21.200GLOEMN
NPNP K
BD11 / BD13
OPTIONS MN SDUC 4 4 PTPTPT PT
LCSEL ST 31 32 33 34 35 36 37 38
UCPART 0.7990.8001.0001.001200.0
AMOD
AMOD 31 1.000 32 1.000 33 1.000 34 1.000 35 1.000 36 1.000 37
1.000
AMOD 38 1.000
SECT
SECT H400 WF 25.0001.60040.0001.200
SECT H450 WF 20.0001.40045.0000.900
SECT STIFF PRI 40.00020.001.900
GRUP
*BRACING
GRUP BRX 35.560 1.910 20.008.00025.00 1 1.001.00 0.500
7.8490
GRUP BR1 45.700 1.905 20.008.00034.50 1 1.001.00 0.500
7.8490
GRUP BR2 45.700 1.905 20.008.00034.50 1 1.001.00 0.500
7.8490
*CELLAR DECK
*

**** SAME WITH EXISTING BREASTING DOLPHIN SACS
INPUT*****

*DECK LEG
*

**** SAME WITH EXISTING BREASTING DOLPHIN SACS
INPUT*****

*BERTHING DOLPHIN
*

**** SAME WITH EXISTING BREASTING DOLPHIN SACS
INPUT*****

*MAIN DECK
*

**** SAME WITH EXISTING BREASTING DOLPHIN SACS
INPUT*****

*PILE
*

**** SAME WITH EXISTING BREASTING DOLPHIN SACS
INPUT*****

*SUB CELLAR DECK
*

**** SAME WITH EXISTING BREASTING DOLPHIN SACS
INPUT*****

MEMBER
*

**** SAME WITH EXISTING BREASTING DOLPHIN SACS
INPUT*****

JOINT
*

**** SAME WITH EXISTING BREASTING DOLPHIN SACS
INPUT*****

CDM
CDM 11.40 0.650 1.600 1.050 1.200
CDM 140.00 0.650 1.600 1.050 1.200
MGROV
MGROV 0.000 24.000 5.000 2.5400-4 1.400
GRPOV
GRPOV PL1 1.251.251.251.25
F
GRPOV PL2 1.251.251.251.25
F
GRPOV PL3 1.251.251.251.25
F
LOAD

*

**** SAME WITH EXISTING BREASTING DOLPHIN SACS
INPUT*****

LCOMB
*

**** SAME WITH EXISTING BREASTING DOLPHIN SACS
INPUT*****

END

PSI INPUT

BREASTING DOLPHIN (BD-11) PSI FILE. BOREHOLE P1/02

PSIOPT +ZMN EX 0.00254 0.0001 20 100
7.849047
PLTRQ SD DA DTE RTE MTE AL STE AS TSE UC DG

**** SAME WITH EXISTING BREASTING DOLPHIN SACS
INPUT*****

END

JOINT CAN INPUT

JCNOPT API MN 5.08 B3 C NID0.01 MAMX.6
LCSEL ST 31 32 33 34 35 36 37 38
JSLC 0601060206030604060506060607060806090645064606470648
JSLC 0501050205030504050505060507050805090510051105120513
JSLC 000300070006001300120011000000010002001000090008
JSLC 301 303 304 3060021002200170018001600150014 302
RELIEF
END

LAMPIRAN B

REDESIGN BREASTING DOLPHIN

B3. SACS MAXIMUM OUTPUT SUMMARY

LOAD CASE	DESCRIPTION
1	SELFWEIGHT OF THE STRUCTURES
2	NON-GENERATED DEAD LOAD
3	BRIDGE DEAD LOAD
4	BRIDGE FRICTION FX LOAD
5	BRIDGE FRICTION FY LOAD
6	BERTHING LOAD X DIR
7	BERTHING LOAD Y DIR
11	OPERATING MIN.W.D 0 DEG.
12	OPERATING MAX.W.D 45 DEG.
13	OPERATING MIN.W.D 90 DEG.
14	OPERATING MAX.W.D 135 DEG.
15	OPERATING MIN.W.D 180 DEG.
16	OPERATING MAX.W.D 225 DEG.
17	OPERATING MIN.W.D 270 DEG.
18	OPERATING MAX.W.D 315 DEG.
21	STORM MIN.W.D 0 DEG.
22	STORM MAX. W.D 45 DEG.
23	STORM MIN. W.D 90 DEG.
24	STORM MAX. W.D 135 DEG.
25	STORM MIN. W.D 180 DEG.
26	STORM MAX. W.D 225 DEG.
27	STORM MIN. W.D 270 DEG.
28	STORM MAX. W.D 315 DEG.
5A	LIVE LOAD 7.5 KN/M2

***** SEASTATE BASIC LOAD CASE SUMMARY *****
 RELATIVE TO MUDLINE ELEVATION

LOAD CASE	LOAD LABEL	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	DEAD LOAD	MARINE METHOD BUOYANCY
		(KN)	(KN)	(KN)	(KN-M)	(KN-M)	(KN-M)	(KN)	(KN)
1	1	0.00	0.00	-2558.38	-1356.5	25.6	0.0	3283.66	725.27
2	2	0.00	0.00	-139.00	11.9	-67.2	0.0	0.00	0.00
3	3	0.00	-490.00	0.00	15043.0	0.0	-1592.5	0.00	0.00
4	4	73.50	0.00	0.00	0.0	2256.5	-75.8	0.00	0.00
5	5	0.00	180.00	0.00	-5526.0	0.0	585.0	0.00	0.00
6	6	774.00	0.00	0.00	0.0	21052.8	3847.6	0.00	0.00
7	7	0.00	1742.04	0.00	-47383.5	0.0	1137.6	0.00	0.00
8	11	599.98	-7.64	4.67	118.6	9304.5	-563.6	0.00	0.00
9	12	415.24	396.55	43.54	-6118.9	6423.0	-379.4	0.00	0.00
10	13	0.00	576.58	56.79	-8843.6	0.0	0.0	0.00	0.00
11	14	-415.24	396.55	43.54	-6118.9	-6423.0	379.4	0.00	0.00
12	15	-599.98	-7.64	4.67	118.6	-9304.5	563.6	0.00	0.00
13	16	-399.63	-399.87	-39.39	6256.1	-6248.2	379.3	0.00	0.00
14	17	0.00	-567.03	-52.63	8792.4	0.0	0.0	0.00	0.00
15	18	399.63	-399.87	-39.39	6256.1	6248.2	-379.3	0.00	0.00
16	21	780.49	-8.76	4.45	135.3	12191.7	-734.0	0.00	0.00
17	22	541.99	521.43	50.90	-8154.2	8480.7	-479.1	0.00	0.00
18	23	0.00	756.73	74.80	-11728.1	0.0	0.0	0.00	0.00
19	24	-541.99	521.43	50.90	-8154.2	-8480.7	479.1	0.00	0.00
20	25	-780.49	-8.76	4.45	135.3	-12191.7	734.0	0.00	0.00
21	26	-520.03	-519.86	-51.92	8205.3	-8196.0	477.5	0.00	0.00
22	27	0.00	-738.41	-68.09	11509.7	0.0	0.0	0.00	0.00
23	28	520.03	-519.86	-51.92	8205.3	8196.0	-477.5	0.00	0.00
24	5A	0.00	0.00	-472.50	430.3	0.0	0.0	0.00	0.00

LOAD CASE	*** X-DIRECTION ***		*** Y-DIRECTION ***		*** Z-DIRECTION ***	
	JOINT	DEFLECTION CM	JOINT	DEFLECTION CM	JOINT	DEFLECTION CM
31	0011	2.1366	0006	-3.0376	0013	-0.8386
32	0003	1.4776	0006	1.0029	0614	-0.3742
33	0116	-0.0457	0006	6.5263	0011	0.9334
34	0006	-1.9043	0003	1.4508	0617	-0.4159
35	0006	-2.6052	0006	-3.4688	0011	-0.8987
36	0006	-1.5087	0006	-5.2776	0011	-1.0925
37	97	-0.6481	0006	-6.2403	0011	-1.0957
38	0011	1.6208	0006	-5.3870	0013	-1.0213

* * * M E M B E R G R O U P S U M M A R Y * * *
API RP2A 21ST/AISC 9TH

GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	* APPLIED STRESSES *			*** ALLOWABLE STRESSES ***				CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS		CM * VALUES *	
					AXIAL N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2	AXIAL N/MM2	EULER N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2		KL Y M	KL Z M	Y	Z
BR1	0419-0508	33	0.15	0.0	-15.26	-17.24	0.06	194.02	2191.22	258.75	258.75	C<.15	3.4	3.4	0.85	0.85
BR2	0516-0663	37	0.10	3.5	-12.24	-10.68	1.87	196.78	3224.08	258.75	258.75	C<.15	2.8	2.8	0.85	0.85
BRX	0006-0014	37	0.48	0.0	-43.01	-29.21	-9.34	129.82	489.63	187.50	187.50	C>.15A	5.5	5.5	0.85	0.85
CD1	0502-0508	37	0.08	0.0	7.92	-11.16	0.88	210.00	3134.51	262.50	262.50	TN+BN	3.7	3.7	0.85	0.85
CD2	0522-0511	33	0.10	0.0	4.48	19.49	-2.50	210.00	*****	262.50	262.50	TN+BN	0.5	0.5	0.85	0.85
CD3	0502-0511	33	0.06	4.7	-7.03	3.74	-5.12	189.64	1124.44	262.50	262.50	C<.15	4.2	4.7	0.85	0.85
DL1	205-0215	33	0.17	0.5	-6.35	-35.71	0.24	209.46	*****	253.08	253.08	C<.15	0.5	0.5	0.85	0.85
DL2	0215- 305	33	0.19	0.6	-6.29	-39.50	0.30	209.29	*****	253.08	253.08	C<.15	0.6	0.6	0.85	0.85
DL3	305-0405	33	0.20	0.5	-6.24	-42.71	0.34	209.40	*****	253.08	253.08	C<.15	0.5	0.5	0.85	0.85
DL4	0405-0419	33	0.16	0.0	-5.25	-35.27	0.49	209.74	*****	253.08	253.08	C<.15	0.2	0.2	0.85	0.85
DL5	0505-0524	33	0.05	0.0	-2.35	-9.74	0.40	209.64	*****	253.08	253.08	C<.15	0.3	0.3	0.85	0.85
FD1	90- 84	33	0.38	0.0	-6.64	4.23	-62.49	146.42	*****	186.00	186.00	C<.15	1.2	1.2	0.85	0.85
FD2	90- 113	33	0.37	0.7	-2.39	-30.37	-30.69	145.30	8115.57	163.68	186.00	C<.15	0.7	0.7	0.85	0.85
FD3	111- 113	33	0.43	0.7	-8.73	-44.33	-1.66	71.83	72.66	148.80	148.80	C<.15	0.7	0.7	0.85	0.85
MD1	0662-0644	37	0.10	1.6	-7.31	17.85	-0.47	200.06	3502.16	262.50	262.50	C<.15	2.9	1.6	0.85	0.85

* * * M E M B E R G R O U P S U M M A R Y * * *
API RP2A 21ST/AISC 9TH

GRP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	* APPLIED STRESSES *			*** ALLOWABLE STRESSES ***				CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS		CM * VALUES *	
					AXIAL N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2	AXIAL N/MM2	EULER N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2		KL _Y M	KL _Z M	Y	Z
MD2	0646-0652	37	0.06	0.0	7.35	4.90	-4.75	210.00	1124.66	262.50	262.50	TN+BN	4.7	1.5	0.85	0.85
MD3	0628-0602	37	0.17	1.5	0.01	-27.59	-0.19	148.80	910.40	163.68	186.00	TN+BN	1.5	1.5	0.85	0.85
MD4	0650-0652	37	0.06	0.0	-0.31	4.22	10.29	144.57	5854.31	186.00	186.00	C<.15	1.5	1.5	0.85	0.85
PL1	0106-0116	33	0.35	15.7	-12.42	-51.74	49.02	183.10	737.42	253.08	253.08	C<.15	15.7	15.7	0.85	0.85
PL2	0116-0011	33	0.28	0.1	-10.42	-44.32	41.93	209.89	*****	259.81	259.81	C<.15	0.1	0.1	0.85	0.85
PL3	0009- 205	33	0.18	3.6	-6.99	-36.75	0.26	205.35	*****	255.08	255.08	C<.15	3.6	3.6	0.85	0.85
SD1	0412-0405	33	0.15	3.7	-7.86	-29.92	0.35	196.51	2138.01	262.50	262.50	C<.15	3.7	3.7	0.85	0.85
SD2	0408-0405	33	0.08	4.7	2.79	-18.33	-1.26	210.00	1124.78	262.50	262.50	TN+BN	4.2	4.7	0.85	0.85

* * J O I N T C A N S U M M A R Y * *
(UNITY CHECK ORDER)

***** ORIGINAL ***** ***** DESIGN *****

JOINT	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	UC
0014	35.560	1.910	250.000	1.004	35.560	1.910	250.000	1.004
0016	35.560	1.910	250.000	0.992	35.560	1.910	250.000	0.992
0008	115.570	3.165	350.000	0.428	115.570	3.165	350.000	0.428
0010	115.570	3.165	350.000	0.413	115.570	3.165	350.000	0.413
0002	115.570	3.165	350.000	0.364	115.570	3.165	350.000	0.364
0000	115.570	3.165	350.000	0.354	115.570	3.165	350.000	0.354
0006	121.920	3.800	350.000	0.321	121.920	3.800	350.000	0.321
0003	121.920	3.800	350.000	0.272	121.920	3.800	350.000	0.272
0011	121.920	3.800	350.000	0.270	121.920	3.800	350.000	0.270
0013	121.920	3.800	350.000	0.267	121.920	3.800	350.000	0.267
0001	115.570	3.165	350.000	0.251	115.570	3.165	350.000	0.251
301	121.900	3.175	350.000	0.231	121.900	3.175	350.000	0.231
303	121.900	3.175	350.000	0.229	121.900	3.175	350.000	0.229
0009	115.570	3.165	350.000	0.196	115.570	3.165	350.000	0.196
0502	121.900	3.175	350.000	0.130	121.900	3.175	350.000	0.130
0605	121.900	3.175	350.000	0.097	121.900	3.175	350.000	0.097
0503	121.900	3.175	350.000	0.089	121.900	3.175	350.000	0.089
0505	121.900	3.175	350.000	0.088	121.900	3.175	350.000	0.088
0506	121.900	3.175	350.000	0.085	121.900	3.175	350.000	0.085
0602	121.900	3.175	350.000	0.083	121.900	3.175	350.000	0.083
306	121.900	3.175	350.000	0.075	121.900	3.175	350.000	0.075
0501	121.900	3.175	350.000	0.068	121.900	3.175	350.000	0.068
0508	61.000	2.540	350.000	0.066	61.000	2.540	350.000	0.066
0007	121.920	3.800	350.000	0.061	121.920	3.800	350.000	0.061
0504	121.900	3.175	350.000	0.057	121.900	3.175	350.000	0.057
0646	50.800	2.540	350.000	0.057	50.800	2.540	350.000	0.057
0603	121.900	3.175	350.000	0.056	121.900	3.175	350.000	0.056
0606	121.900	3.175	350.000	0.056	121.900	3.175	350.000	0.056
304	121.900	3.175	350.000	0.054	121.900	3.175	350.000	0.054
0511	50.800	2.540	350.000	0.050	50.800	2.540	350.000	0.050
0012	121.920	3.800	350.000	0.047	121.920	3.800	350.000	0.047
0510	50.800	2.540	350.000	0.046	50.800	2.540	350.000	0.046
0608	50.800	2.540	350.000	0.043	50.800	2.540	350.000	0.043
0601	121.900	3.175	350.000	0.043	121.900	3.175	350.000	0.043
0604	121.900	3.175	350.000	0.042	121.900	3.175	350.000	0.042
0648	50.800	2.540	350.000	0.042	50.800	2.540	350.000	0.042
0512	50.800	2.540	350.000	0.036	50.800	2.540	350.000	0.036
0513	50.800	2.540	350.000	0.036	50.800	2.540	350.000	0.036
0507	50.800	2.540	350.000	0.023	50.800	2.540	350.000	0.023
0647	50.800	2.540	350.000	0.023	50.800	2.540	350.000	0.023
0607	50.800	2.540	350.000	0.022	50.800	2.540	350.000	0.022
0509	50.800	2.540	350.000	0.020	50.800	2.540	350.000	0.020
0609	50.800	2.540	350.000	0.020	50.800	2.540	350.000	0.020